



PARA DU-PHANJAS, F.
C

Vol. 1

THÉORIE
DES ÊTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE.



Vernet

THÉORIE DES ÊTRES SENSIBLES, OU COURS COMPLET DE PHYSIQUE,

SPÉCULATIVE, EXPÉRIMENTALE, SYSTÉMATIQUE ET GÉOMÉTRIQUE,

MISE A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE:

AVEC une Table alphabétique des matieres, qui fait de tout cet Ouvrage un vrai DICTIONNAIRE DE PHYSIQUE.

Par M. l'Abbé PARA *DU PHANJAS.*

TOME PREMIER.

THÉORIE DE LA MATIERE, ET DU MOUVEMENT.

A PARIS, RUE DAUPHINE,
Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, pere, Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. LXXII.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.


WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

PRÉFACE.

Un Cours complet de Physique spéculative, expérimentale, systématique & géométrique, mise à la portée de tout le monde, est un Ouvrage qui manque encore à notre siecle, & que l'Europe éclairée demande & attend depuis long-tems. Tel est l'Ouvrage que nous donnons au public: *Ouvrage unique en son genre*, soit par sa maniere, soit par son objet; & infiniment propre à intéresser toutes les personnes qui se piquent d'avoir ou qui ambitionnent d'acquérir des lumieres sur la Physique.

La *Physique* est la science des Corps, c'est-à-dire, de toutes les Substances sensibles qui composent l'Univers. La Physique differe essentiellement de l'*Histoire naturelle*. L'objet de la premiere, c'est de connoître les Corps, par les propriétés qui les caractérisent, par les effets qu'ils produisent, par les loix selon lesquelles s'exercent leurs actions réciproques. L'objet de la seconde, c'est de rapporter quelles sont les productions de la Nature, & quelles différences sensibles caractérisent ces productions, selon leurs genres & — Idée de la Physique.

leurs especes ; sans en dévoiler le méchanisme intérieur, sans en expliquer les causes, les vertus, les influences.

La *Physique*, ou la science des Corps, n'est autre chose que la science de la Matiere & du Mouvement. « Donnez-moi » de la Matiere & du Mouvement, disoit » l'immortel Descartes ; & je construirai ce » Monde visible ». Nous n'adoptons point son systême ; mais nous adoptons son principe. Nous reconnoissons que ce Monde visible ne doit point, & n'a point pu devoir sa formation & son arrangement, aux mouvements & aux modifications de la Matiere ; & qu'il les doit uniquement & essentiellement à tout autant de volontés libres & efficaces du Créateur, qui seul a pu donner l'existence à la Matiere ; qui seul a pu en former le chef-d'œuvre de la Nature ; qui seul a réellement créé & formé ce Monde visible, tel qu'il se montre à nos regards, & de la maniere dont le rapporte Moyse, le plus ancien Historien du Monde, & le seul dont la narration sur l'origine des choses, puisse être avouée par la Raison. Après cet aveu net & précis, nous avançons & nous soutenons que ce Monde inanimé ne renferme & ne dit que *Matiere* & *Mouvement* ; & que la Matiere & le Mou-

vément, ces deux principes d'une fécondité intariſſable, ont ſuffi à l'Être ſuprême, pour compoſer & pour perpétuer ce Tout admirable, ce brillant Univers, dont le ſpectacle, varié à l'infini, nous ravit & nous enchante; dont la beauté & la fécondité publient de concert, & la ſageſſe & la puiſſance de ſon Auteur.

Dans un ſiecle où le goût de la Phyſique eſt devenu le goût général & dominant de l'Europe éclairée & polie; où cette portion même de l'Humanité, qui ne ſembloit formée que pour faire l'aménité & les charmes de la ſociété, a oſé montrer qu'elle étoit auſſi née pour approfondir & dévoiler les ſublimes myſteres de la Nature; il n'eſt plus permis qu'à un reſte ſuranné d'eſprits miſérablement gothiques, de dédaigner une ſcience qui fait l'ornement & les délices de tout ce qui ſe pique d'avoir de la culture & des lumieres. Quelle ſatisfaction pour un *Eſprit élevé & pénétrant*, d'être, pour ainſi dire, le confident de la Nature; de voir les événements phyſiques, dans leurs cauſes & dans leurs principes; de connoître & de ſaiſir le reſſort ſecret des brillants phénomenes qu'il obſerve, tantôt dans le Ciel, où la marche harmonieuſe des aſtres regle & varie les ſaiſons; tantôt dans l'athmoſphere, où la

ſcene changeante des Météores excite alternativement & l'admiration & la terreur ; tantôt ſur la terre, où tout ſe meut, & ſe forme, & ſe conſerve, & ſe détruit, par un méchaniſme également admirable & intéreſſant ! Quelle conſolation pour un *Eſprit religieux & chrétien*, de ne pouvoir repoſer ſes regards ſur aucune partie de la Nature, ſans y découvrir viſiblement ſon Dieu ; ſans y ſentir ſon admirable préſence, qui conſerve & perpétue ſon ouvrage ; qui donne & l'ordre & le branle à toutes choſes ; qui s'annonce par-tout par des traits éclatants de ſageſſe, de puiſſance, de bienfaiſance, dignes d'étonner & de toucher toute Ame bien née, de remplir ſon cœur de reconnoiſſance, en frappant d'admiration ſon eſprit !

L'expérience nous apprend, qu'après un certain tems, on ſe dégoûte communément des Sciences ou des Arts ſubalternes, de la Muſique, de la Peinture, de la Poéſie, de la petite Littérature ; & qu'on ne ſe dégoûte jamais ou preſque jamais de la Phyſique : preuve éclatante, que l'étude de la Nature eſt deſtinée à être dans tous les tems, & l'étude du Sage & l'étude du Chrétien. La Phyſique étoit encore comme dans ſon enfance & à ſon berceau, lorſque l'Orateur Romain, qui

en faisoit ses délices, la vantoit déja comme une source intarissable de satisfaction & d'utilité pour l'esprit humain. *Hæc studia adolescentiam alunt; senectutem oblectant, secundas res ornant, adversis persugium ac solatium præbent; delectant domi, non impediunt forìs; pernoctant nobiscum, peregrinantur, rusticantur* (*). Dans un siecle comme le nôtre, où cette science, perfectionnée & accréditée, a gagné tous les suffrages; il n'est pas question d'inspirer le goût de la Physique: il ne s'agit que de faciliter à ce goût généralement répandu, les moyens de se développer & de se satisfaire; & tel est le but que nous nous sommes proposé en composant cette Théorie des Êtres sensibles, ou ce Cours complet de Physique.

Divers Ouvrages sur la Physique.

Notre siecle abonde en excellents Ouvrages sur la Physique: mais il n'en a point encore qui applanisse bien les voies de cette science, ou qui la mette dans toute son étendue, dans son tout & dans toutes ses parties, à la portée de tout le monde. Parmi les ouvrages, dont la Physique s'applaudit, il en est de différents genres, soit que l'on considere leur objet, soit que l'on examine leur marche.

(*) *Cicero, pro Archiâ Poetâ.*

Les uns, tels que les ouvrages Physico-Mathématiques de l'immortel Newton, & les Mémoires de l'Académie des Sciences, sont, pour ainsi dire, ou des sanctuaires sacrés de lumiere; il n'est point permis aux profanes de les aborder : ou des labyrinthes admirables, construits par le génie; il n'est donné qu'aux Dédales, qu'aux hommes du premier vol, d'y pénétrer & de ne pas s'y perdre.

Les autres sont des Dictionnaires plus ou moins volumineux, où les différentes parties de la Physique, disséquées en lambeaux isolés, ne présentent rien de rapproché & de suivi; ne laissent jamais voir & le lien & l'ensemble du Tout; lien & ensemble d'où dépendent essentiellement & sa lumiere & sa beauté. En réfléchissant sur cette maniere d'enseigner la Physique, je m'imagine voir un grand tableau de Raphaël, que l'on auroit artistement découpé en petites surfaces d'environ un pouce d'étendue, & que l'on montreroit successivement à un éleve ou à un amateur; soit pour leur faire connoître la maniere & le génie de ce Peintre; soit pour les former au goût de la Peinture.

Quelques-uns, destinés à développer & à approfondir les parties les plus intéressantes de la Physique, ne donnent qu'une

idée ſuccinte & de la Matiere, & du Mouvement, & de tout ce qui doit préparer l'eſprit à l'intelligence des matieres que l'on veut traiter à fond. Ouvrages eſtimables, quoique ſouvent un peu indigeſtes & confus, ils abondent en recherches & en découvertes curieuſes ſur leur objet principal : mais ce ne ſont point des Cours ſuivis & complets de Phyſique, propres à guider & à conduire, comme par la main, un Eleve qui aſpire à connoître & à embraſſer cette ſcience dans ſon tout. Telle eſt la Phyſique de MM. Deſagulliers, s'Graveſande, Muſchembroek.

Quelques autres, en plus grand nombre, ſont des traités particuliers ſur certains points iſolés de la Phyſique, qu'on y enviſage & qu'on y développe avec toute la ſagacité & toute la profondeur du génie. Ce ſont, pour ainſi dire, d'excellents microſcopes, qui montrent dans la plus grande lumiere l'objet qu'ils atteignent ; mais qui laiſſent dans les ténebres, les objets contigus & environnants. Tels ſont les excellents ouvrages de M. l'Abbé Sigorgne, ſur la théorie de l'attraction ; de M. Mairan, ſur l'origine de la glace & des aurores boréales ; de M. de la Lande, ſur l'Aſtronomie ; de M. &c. &c.

L'illuſtre Abbé Nollet, l'homme le plus

capable de décourager & de déſeſpérer quiconque voudroit marcher ſur ſes traces, n'a traité que la Phyſique expérimentale, reſtreinte à ſes branches iſolées : il laiſſe donc encore un riche & brillant théatre de connoiſſances à développer, à tout Phyſicien qui, joignant le flambeau de la ſpéculation au flambeau de l'expérience, la grande théorie qui découle des obſervations généraliſées, à la petite théorie qui découle des obſervations ſenſibles & amuſantes, oſera entreprendre de faire de toutes les branches de cette ſcience, *un Tout*, un enſemble général, réſultant de toutes ſes parties méthodiquement liées & ſyſtématiquement rapprochées.

Nature de cet Ouvrage.

Un Ouvrage ſur la Phyſique, où la ſpéculation marcheroit de pair avec l'expérience ; où les démonſtrations mathématiques répandroient à propos leur lumiere ſur les phénomenes de la Nature ; où la triſte ſéchereſſe des calculs, qui hériſſe & défigure trop ſouvent la Phyſique, ne ſeroit admiſe qu'avec économie & par néceſſité ; où la paraſite rédondance n'abſorberoit jamais inutilement & le tems & l'attention ; où les différentes matieres s'offriroient ſucceſſivement à l'eſprit, dans un ordre lumineux, & ſous leurs points de vue intéreſſants & ſenſibles ; où toute la

Nature ſeroit préſentée aux yeux, non comme un ſquélette inanimé & décharné qu'on a diſſéqué, mais comme un corps vivant & reſpirant, dont on ſaiſit l'économie & dont on admire les proportions: un tel Ouvrage auroit donc encore le mérite de la nouveauté.

Telle eſt l'idée que nous avons conçue, & que nous avons tâché de remplir, dans l'Ouvrage que nous donnons au Public: Ouvrage dans lequel nous nous ſommes efforcés de réunir, autant qu'il nous a été poſſible, la clarté à la plus grande conciſion; l'aménité, à la plus rigoureuſe exactitude; les lumieres de l'expérience, aux lumieres de la ſpéculation & des Mathématiques; l'ordre & l'enchaînement des matieres, à l'ordre & à l'enchaînement des idées; le brillant des ſyſtêmes phyſiques qui amuſe, au ſang froid de la raiſon qui les apprécie; le goût pittoreſque qui anime & vivifie la Nature, au goût philoſophique qui l'étudie & qui s'efforce de lui arracher ſon bandeau.

Toutes les connoiſſances que nous avons ſur la Phyſique, dépendent primitivement du témoignage des ſens. C'eſt d'après ce témoignage exact & fidelle, que doit toujours opérer le *génie* en genre de Phyſique: ce qui n'empêche pas que le génie ne puiſſe

ſe déployer avec le plus grand avantage dans cette ſcience ; ſoit en éclairant & en dirigeant l'obſervateur, dans la maniere induſtrieuſe dont ſouvent il faut s'y prendre, pour obſerver efficacement la Nature, pour la ſaiſir comme ſur le fait, quand elle ſemble vouloir échapper à nos regards ; ſoit en découvrant & en ſaiſiſſant dans les différentes obſervations que l'œil préſente, des rapports déciſifs, mais infiniment ſubtils, qui échappent au vulgaire ; ſoit en embraſſant & en combinant puiſſamment d'immenſes rapports, qui excedent la ſphere des génies communs, pour les concentrer ſous un même point de vue, pour les conduire & les rapporter à un même centre de lumiere ; ſoit enfin en ſe frayant une marche hardie & lumineuſe, ou pour remonter des effets connus aux cauſes éloignées & cachées, ou pour deſcendre des cauſes connues aux différents effets qui doivent en découler ſelon la diverſité des circonſtances & des combinaiſons compliquées, qu'il faut démêler & évaluer avec une ſagacité & une profondeur ſupérieures.

La Phyſique, à certains égards, eſt comme une grande Nation, compoſée d'une foule de claſſes de Citoyens, leſquelles au milieu des loix & des mœurs générales, ont chacune leurs loix & leurs

mœurs à part. Dans l'une & dans l'autre, on ne connoît qu'imparfaitement le Tout; quand on ne les voit, comme voient les voyageurs, qu'en passant; ou quand on n'en voit attentivement qu'une partie isolée. Pour bien *connoître une Nation*, il faut avoir vécu & séjourné chez elle : il faut l'avoir observée à loisir & avec attention, dans les principes généraux de son gouvernement, dans les loix & dans les mœurs particulieres de chacune de ses classes, dans le conflict de tous ses intérêts, dans le jeu de toutes ses passions; & avoir eu le tems de chercher le résultat du tout, dans la connoissance suivie & approfondie de toutes ses parties. De même, pour bien *connoître la Physique*, il faut en quelque sorte avoir vécu & habité avec elle : il faut avoir eu le tems & l'occasion d'en observer toutes les branches ; d'en comparer tous les grands phénomenes ; d'en saisir les accords & les dissonances ; d'en découvrir les ressorts généraux & particuliers ; d'y démêler les invisibles liens, qui malgré certains conflicts apparents, assortissent entre elles toutes les parties de la Nature, & en forment un Tout admirable, digne de l'infinie sagesse du suprême Artiste auquel il doit son existence & sa conservation. Tel est l'avantage (triste

avantatage d'ailleurs !) que nous avons eu pendant plusieurs années. Destinés par état & par Religion, & jamais par intérêt, à former à la Philosophie une nombreuse & brillante jeunesse, jusqu'à cent quatre-vingts Eleves à la fois, nous avons eu occasion d'habiter successivement toutes les régions philosophiques ; d'y voir toutes les Sectes rivales se heurter & s'entre-choquer dans tous les sens & sur tous les objets ; d'apprécier & de juger leurs antipatiques prétentions, presque toujours relatives à toutes les branches de la Physique ; & de découvrir souvent les vrais principes des choses, au milieu des conjurations destinées à les obscurcir & à les renverser.

Méthode de cet Ouvrage.

Nous avons employé, dans cette Théorie des Être sensibles, ou dans ce Cours complet de Physique, la méthode qui nous a paru la plus simple, la plus lumineuse, la plus propre à conduire l'Esprit humain dans la recherche de la Vérité. Cette *Méthode* consiste à donner d'abord des définitions nettes & lumineuses, qui mettent au fait de la question présente ; à présenter ensuite l'enchaînement de principes & de raisons plausibles, qui établissent une vérité générale ou particuliere ; à réfuter enfin efficacement les difficultés solides, qui pourroient rendre suspecte ou douteuse la vérité

établie & démontrée. On verra, par cet Ouvrage, que cette méthode, en réglant la marche & en concentrant la lumiere de l'Eſprit humain, pourroit ne point nuire à l'énergie, aux élans, à la richeſſe du *Génie*, de ce don ſublime de la Nature & de la Raiſon, qui ſouvent doit être à la fois & l'interprete & le peintre de l'une & de l'autre; & que c'eſt peut-être l'unique méthode qui doive être admiſe dans un Ouvrage deſtiné à porter une vraie lumiere, une lumiere ſimple & éclatante, ſur l'immenſe théatre de la Nature entiere. Si cette méthode paroît ancienne pour le fond des choſes, nous oſons aſſurer le Public que la maniere dont nous la mettons en œuvre, en fait une méthode réellement nouvelle & unique, qui nous eſt propre; & dont un goût connoiſſeur ſaura ſaiſir le caractere diſtinctif, & apprécier le mérite ſcientifique.

Partie obſcure de la Phyſique.

Tout n'eſt pas lumiere dans la Phyſique: parmi une foule de vérités ſenſibles & lumineuſes, elle préſente aſſez ſouvent des myſteres impénétrables à l'Eſprit humain. En ſuivant & en développant la partie lumineuſe de la Phyſique, il eſt à propos d'en obſerver auſſi la partie obſcure. Un Eſprit ſolide ne croit point avoir perdu ſon tems, quand, après avoir obſervé ſous tous les points de vue poſſibles un myſtere de la

Nature, il s'eſt mis en état de motiver pourquoi on ne ſait rien en ce genre. La ſcience ne conſiſte pas toujours à tout connoître : elle conſiſte quelquefois à ſavoir le point précis où la Vérité ceſſe d'être acceſſible ; à poſer les limites de la certitude & de l'incertitude. Il ne faut pas moins de clairvoyance pour déterminer où ceſſe la lumiere, que pour décider où la lumiere exiſte. La partie obſcure de la Phyſique, eſt l'objet des hypotheſes & des ſyſtêmes.

Hypotheſes & Syſtêmes phyſiques.

Une *Hypotheſe* eſt une ſuppoſition faite ou pour expliquer quelque phénomene, ou pour réſoudre quelque problême. Un *Syſtême* eſt un arrangement méthodique, ou de cauſes deſtinées à produire certains effets, où d'effets deſtinés à dériver d'une même cauſe ou de pluſieurs cauſes. « Les » Philoſophes, dit M. l'Abbé de Condillac, » ſont fort partagés ſur l'uſage des hypo» theſes. Quelques-uns, prévenus par le » ſuccès qu'elles ont en Aſtronomie, ou » peut-être éblouis par la hardieſſe de quel» ques hypotheſes de Phyſique, n'ont pas » douté qu'elles ne fuſſent un des princi» paux moyens d'acquérir des connoiſ» ſances. D'autres voyant l'inutilité & l'abus » de bien des hypotheſes, ont voulu les » bannir tout à fait des Sciences ». Excès de part & d'autre ; ou, comme dit Moliere, ſottiſe des deux parts ! Les hypo-

theſes ſont deſtinées, ou à découvrir des choſes inconnues, ou à expliquer des choſes connues : telle eſt leur deſtination. Parmi ces hypotheſes, il y en a de ſolides, fondées ſur des faits certains, ſur des expériences bien vérifiées, ſur des obſervations bien conſtatées, ſur des vérités indubitables : pourquoi les proſcrire ? Il y en a de frivoles, fondées uniquement ſur des principes ou ſur des faits imaginaires : pourquoi les retenir ? Les premieres peuvent ſervir à éclairer & à perfectionner l'Eſprit, en lui montrant l'ordre & l'enchaînement général des choſes ; l'influence & l'univerſalité des cauſes, le germe & le principe d'une infinité d'effets dans la Nature. Les dernieres ne peuvent ſervir qu'à abuſer & à dépraver l'Eſprit, en l'occupant de viſions, au lieu de réalités ; en l'accoutumant à prendre les fantômes & les écarts d'une Imagination frivole & déréglée, pour l'ordre & la marche de la Nature.

Deſcartes & Newton ont fait des hypotheſes. Le premier, ſans examiner comment exiſte la Nature, ſe place au commencement des tems ; enfante ſon *hypotheſe des Tourbillons* ; ſoumet l'Univers à cette hypotheſe ; & tâche enſuite de concilier les phénomenes de l'Univers avec cette ſuppoſition : Deſcartes nous égare & nous

abuſe. Newton, avant de former aucune hypotheſe, obſerve la Nature; recueille & conſtate un certain nombre de faits fondamentaux, qu'il voit évidemment quadrer avec l'*hypotheſe d'une attraction univerſelle* en raiſon directe des maſſes, & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances; & après avoir confronté cette hypotheſe avec tous les grands phénomenes de la Nature, il l'adopte ou comme un Principe phyſique, ou comme une Regle phyſico-mathématique, propre à nous conduire dans le ſanctuaire de la Nature : Newton nous éclaire & nous inſtruit. Nous ferons voir en tems & lieu (1417), que les expériences faites dans ces dernieres années au ſommet des Alpes, n'attaquent en rien cette hypotheſe de Newton; hypotheſe qui n'eſt que le développement d'une Loi générale & fondamentale de toute la Nature.

Parmi les hypotheſes & les ſyſtêmes utiles, on peut compter l'*hypotheſe de Copernic*, qui nous a dévoilé le vrai ſyſtême du Monde; l'hypotheſe ou le ſyſtême de l'*Attraction Newtonienne*, qui nous a fait connoître le grand principe de la gravitation des Corps, la vraie cauſe phyſique de preſque tous les phénomenes céleſtes; l'hypotheſe d'un *Air hétérogene*, qui a mis en lumiere les plus intéreſſants phénomenes

de

de la propagation & de la perception du Son ; l'hypotheſe & le ſyſtême des *Vapeurs converties en pluie & en neige*, & reçues ſur la terre dans une infinité de baſſins intérieurs & extérieurs, qui nous a fait connoître la vraie origine des fontaines & des rivieres ; l'hypotheſe d'une *Athmoſphere électriſée* en certains tems, laquelle nous a mis à portée de ſaiſir ou de deviner, autant qu'il eſt poſſible, la vraie cauſe & la vraie origine du plus terrible des Météores, du Tonnerre ; & ainſi du reſte. Les hypotheſes & les ſyſtêmes des grands hommes, ne méritent donc pas toujours le dédain & le mépris qu'affectent de leur prodiguer certains Eſprits plus peſants qu'éclairés, qui n'ont pas toujours reçu en jugement, comme ils voudroient le perſuader, ce qui leur manque en génie. Parmi les hypotheſes & les ſyſtêmes que voudroient bannir abſolument de la Phyſique les ennemis nés de l'imagination & du génie, il y en a évidemment qui ont du moins le mérite de réveiller & de mettre en jeu le génie ; de le former à l'eſprit ſyſtématique & philoſophique ; de l'habituer à prendre un élans rapide vers le ſanctuaire de la Vérité, & à faire de puiſſants efforts pour percer les nuages qui l'enveloppent : ces

hypothefes & ces fyftêmes, fources d'agréments & quelquefois de lumieres, méritent donc du moins qu'on les expofe, qu'on les examine, qu'on les apprécie, dans un Cours de Phyfique.

Partie Mathématique, affortie à la partie phyfique.

Comme la Phyfique eft effentiellement liée aux Mathématiques, de qui elle emprunte prefque tout ce qu'elle a de précifion, de certitude, d'étendue & de lumiere; nous avons été indifpenfablement obligés de joindre à notre Cours de Phyfique un *Cours de Mathématiques élémentaires*, qui forme un volume à part. On aura, par ce moyen, en un feul & même Ouvrage, toutes les lumieres que requiert l'étude de la Nature; & le Lecteur fera difpenfé d'aller chercher ailleurs, avec beaucoup d'embarras, les propofitions mathématiques fur lefquelles eft toujours néceffairement fondée la Phyfique dans prefque tout ce qu'elle a de plus utile, de plus brillant, de plus profond, de plus intéreffant.

Recherche de la Vérité.

Êtes-vous pour Defcartes ou pour Newton, pour Tycho-Brahé ou pour Copernic; & ainfi du refte? Telle eft la très-peu philofophique queftion qu'on fait affez communément à un Phyficien! Non, répond un Philofophe : je fuis pour la Vérité : je la cherche par-tout : je l'examine par-tout : & par-tout où je la découvre,

je l'embrasse & je m'y attache. Descartes a fait des Romans, & à découvert des Vérités : pourquoi rejetterois-je les vérités, en rejettant les romans ? Newton a découvert de grandes Vérités, & a adopté peut-être quelques chimeres : pourquoi épouserois-je les chimeres, avec les vérités ?

Je suis alternativement pour Descartes & pour Newton, pour Copernic & pour Tycho-Brahé ; disoit un jour Clitandre : je sais par cœur tous les systêmes ; & je les adopte ou les rejette tous indifféremment, sans m'attacher à aucun. C'est fort bien fait, répondit Ariste : il est bon d'exercer la mémoire, en attendant le jugement. Quand la Raison viendra chez vous prendre les rênes de son petit empire, elle vous apprendra que le vrai ne peut pas se trouver à la fois dans des sentiments diamétralement opposés, dans des choses évidemment incompatibles; qu'adopter ou rejetter indifféremment l'existence du plein ou du vuide, le mouvement ou le repos de la Terre, c'est s'afficher authentiquement pour être incapable de porter un jugement sur une matiere connue ; ou pour n'avoir en tout qu'un jugement versatile & vacillant, qualité assez limitrophe de l'imbéclilité & de la déraison.

Certitude & incertitude, dans la Physique.

Il y a dans la Physique des choses certaines & démontrées ; & tout Esprit judicieux les reconnoît pour telles : leur contraire est une fausseté manifeste & avouée. Il y a aussi des choses qui ne sont que vraisemblables ou probables : tout Esprit judicieux les adopte avec le degré de vraisemblance ou de probabilité qui leur convient, & qui n'exclud pas absolument la fausseté. Il y a enfin des choses sur lesquelles on ne sait rien ; parce qu'on n'a encore aucune découverte, aucune observation, aucun principe fixe, qui puisse mener à leur connoissance : un Esprit judicieux les regarde comme incertaines & douteuses, sans que leur incertitude altere ou affoiblisse en rien son adhésion aux choses certaines.

Quant à la vraisemblance & à la probabilité, elles peuvent changer de nature avec le tems. Par exemple, le systême de Ptolomée a pu paroître probable, au siecle de cet Astronome, où la Physique & l'Astronomie étoient encore dans l'enfance : les observations & les découvertes des siecles postérieurs y ont fait découvrir des incompatibilités & des absurdités qu'on n'y voyoit pas autrefois ; & lui ont fait perdre sa probabilité. Le systême de Copernic a pu n'être que vraisemblable, au tems de

ce grand Homme : les obſervations & les découvertes des derniers ſiecles, en étendant & en perfectionnant les lumieres ſur la Phyſique & ſur l'Aſtronomie, l'ont élevé à l'état de certitude, & l'ont tiré de l'état de ſimple vraiſemblance.

L'Ignorant croit qu'on ſait tout, ou qu'on peut tout ſavoir : parce qu'il n'a jamais bien réfléchi ſur les bornes étroites de l'Eſprit humain. Le Demi-Savant croit qu'on ne ſait rien : parce qu'il n'a ſur toutes choſes que des connoiſſances ſuperficielles & équivoques, vacillantes & mal aſſurées ; & qu'il n'a jamais eu ou aſſez de loiſir ou aſſez de patience, ni peut-être aſſez de lumiere & de jugement, pour rien approfondir. Le vrai Savant ſait qu'il y a dans toutes les parties de la Nature, un petit nombre de choſes certaines & indubitablement connues, & un plus grand nombre de choſes incertaines & aſſez inconnues, qu'il n'a garde de confondre : parce qu'avec un Eſprit éclairé & judicieux, il a embraſſé puiſſamment & obſervé efficacement le vaſte théatre de la certitude & de l'incertitude.

Enchaînement des Vérités phyſiques.

La Phyſique eſt diviſée en pluſieurs branches, toutes fécondes en vérités intéreſſantes. Mais il n'y a peut-être aucune partie iſolée de la Phyſique, qui n'ait des

rapports eſſentiels avec d'autres parties de la même Science. Il eſt donc impoſſible d'établir en ce genre, comme dans le genre mathématique, un enchaînement de vérités qui ne ſuppoſent abſolument aucune connoiſſance ultérieure & ſubſéquente. Dans les Mathématiques, il n'y a que ce que l'Eſprit y met : l'Eſprit eſt donc le maître de donner à ſes idées, tel ordre & tel enchaînement qu'il lui plaît. Dans la Phyſique, les choſes ont en elles-mêmes leur nature déterminée, indépendante de notre façon de les enviſager : notre Eſprit eſt donc néceſſité à les enviſager & à les obſerver telles qu'elles ſont & telles qu'elles ſe préſentent; ſous les points de vue qui les reſtreignent à leur claſſe, féconde en vérités fondamentales; & ſous les points de vue qui les confondent avec d'autres claſſes, fécondes à leur tour en d'autres vérités fondamentales. Et comme de l'enſemble de toutes ces vérités, réſulte la Phyſique; & que toutes ces vérités ne peuvent être bien développées & bien démontrées que ſéparément & en leur place, il s'enſuit qu'on doit quelquefois être indiſpenſablement néceſſité à ſuppoſer dans une branche de cette ſcience, des vérités dont la démonſtration dépend d'une autre branche, laquelle dépend à ſon tour de la branche

précédente. Dans ce cas, on indique au Lecteur, le numéro où eſt démontrée la vérité que l'on ſuppoſe comme certaine & irréfragable : afin que ſi quelqu'un l'ignore ou la ſuſpecte, il puiſſe à l'inſtant même en voir la preuve démonſtrative.

Principes à ſuivre, dans l'étude de la Phyſique.

Le grand Newton a établi en genre de Phyſique, *trois regles de raiſonnement*, dont il n'eſt point permis de s'écarter, dans un ſiecle où un effronté babil ſur des choſes qu'on ignore, où un frivole ramaſſis d'hypotheſes diſparates, d'idées & de raiſonnements antipathiques, ne font plus un Phyſicien. La *premiere*, c'eſt de ne recevoir pour cauſes des phénomenes, que celles que l'on ſait être les véritables, & à l'aide deſquelles on peut rendre raiſon des phénomenes mêmes. La *ſeconde*, c'eſt de juger que les effets de même nature, ſont produits par les mêmes cauſes. La *troiſieme*, c'eſt de mettre au rang des propriétés communes à tous les Corps, les propriétés que nous trouvons par-tout conſtantes & invariables dans les Corps ſoumis à nos expériences. Parmi ces trois regles, la premiere proſcrit les frivoles hypotheſes, que l'expérience & l'obſervation des phénomenes n'appuient point. La ſeconde bannit l'inepte rédondance des cauſes, relativement à des effets qui

n'exigent & n'annoncent qu'une ſeule & même cauſe. La troiſieme ſonde & établit le *jugement d'analogie*, qui généraliſe les connoiſſances que l'expérience nous donne & nous conſtate. Telles ſont les trois regles qui nous ont ſervi comme de bouſſole & de polaire, dans l'immenſe carriere que nous avions à parcourir, ou dans l'immenſité de choſes que nous avions à traiter & à développer dans cet Ouvrage.

Cette Théorie des Êtres ſenſibles eſt diviſée en ſept Traités, qui embraſſent tout ſon objet, ou qui embraſſent tous les Êtres ſenſibles dont la connoiſſance peut intéreſſer l'Eſprit humain.

Premier Traité.

Le premier Traité a pour objet la théorie de la Matiere : il renferme une infinité de recherches approfondies, ſur la nature de la Matiere, & ſur la nature des Corps. Dans la premiere ſection, qui traite de la *nature de la Matiere*, on obſerve, au flambeau de l'expérience & de la raiſon, ſon étendue, ſa diviſion, ſa diviſibilité, ſon inertie & ſes loix, ſes affinités, ſon homogénéité. Dans la ſeconde ſection, qui traite de la *nature des Corps*, on cherche à découvrir par la même voie, quels ſont les principes qui les conſtituent ; quelles ſont les propriétés qui les confondent dans leurs genres ; quelles ſont les cauſes phy-

ſiques des grands phénomenes que nous préſentent leur condenſabilité & leur dilatabilité, leur ſolidité ou leur fluidité, leur élaſticité ou leur défaut d'élaſticité, leur gravitation plus grande vers les poles que vers l'équateur.

Dans ce premier Traité, plus ſpécialement conſacré au développement de la *Phyſique corpuſculaire*, on verra paſſer comme en revue, tous les ſyſtêmes des Philoſophes anciens & modernes, ſur la Matiere & ſur les Corps. On y verra l'hiſtoire du génie, autant que l'hiſtoire de la Nature; & on y obſervera peut-être avec moins de plaiſir, le ſpectacle de la Nature débrouillée, que le ſpectacle du génie, occupé pendant deux ou trois mille ans à débrouiller le chaos de la Nature.

Le ſecond Traité a pour objet la théorie du Mouvement: ce qui nous donne lieu d'obſerver, toujours au flambeau de l'expérience & de la raiſon, le *Mouvement en lui-même*, le *Mouvement dans les machines*. Second Traité.

Dans la premiere ſection, nous examinerons & nous développerons la nature du Mouvement, les obſtacles au Mouvement, les loix générales du Mouvement, la communication du Mouvement dans les Corps à reſſort & dans les Corps

ſans reſſort, le Mouvement compoſé rectiligne & curviligne, le Mouvement accéléré en lui-même dans la Baliſtique, le Mouvement réfléchi & réfracté. Dans la ſeconde ſection, nous expoſerons ſucceſſivement la théorie des principes de la Méchanique, la théorie de toutes les machines ſimples & compoſées, la théorie des réſiſtances qui naiſſent des machines.

Troiſieme Traité.

Le troiſieme Traité a pour objet la théorie de la Terre, enviſagée dans *elle-même*, dans ſon *regne animal*, dans ſon *regne végétal*, dans ſon *regne minéral*.

On trouvera dans ce Traité, des obſervations curieuſes & intéreſſantes, ſur la *ſtructure* de la Terre; ſur la formation de ſes montages & de ſes iſles; ſur l'éruption de ſes volcans; ſur les grandes révolutions qu'elle a dû eſſuyer, ſoit par l'action d'un Déluge général, dont on préſente les monuments, ſoit par différents changements de centre de gravité dont on montre les cauſes phyſiques. Les mêmes obſervations s'étendront ſur l'*antiquité* que lui attribuent différentes nations, confrontée avec les monuments hiſtoriques, phyſiques, aſtronomiques; ſur la chronologie en général, & ſur la chonologie de la Vulgate & des Septante; ſur l'*Eſpece humaine*, enviſagée dans la diverſité de ſes races, dans l'admi-

rable ſtructure de ſon corps, dans le merveilleux méchaniſme de ſa nutrition & de ſa conſervation ; ſur les *Brutes*, conſidérées dans l'étonnante diverſité de leurs eſpeces, dans le merveilleux & impénétrable myſtere de leur réproduction ; ſur les *Plantes*, obſervées dans leur organiſation, dans leurs germes, dans leur nutrition & leur formation ; ſur les *différentes Mines* de tous les Métaux, de tous les demi-Métaux, de tous les Foſſiles quelconques, & ſur la formation de ces divers Minéraux.

Le quatrieme Traité a pour objet la théorie de l'Eau. On y obſerve la *nature de l'eau* dans ſes différents états d'eau douce, d'eau ſalée, d'eau minérale, d'eau en vapeurs, d'eau figée & congelée. On y explique & on y démontre les *loix de l'Hydroſtatique*, enviſagées dans toutes leurs dépendances. On y montre l'*origine des Sources*, conſtantes, périodiques, intermittentes. Quatrieme Traité.

Le cinquieme Traité a pour objet la théorie de l'Air : ce qui nous donne lieu d'examiner & d'obſerver, toujours au flambeau de l'expérience & de la raiſon, la nature de l'Air, la nature du Son, la nature des Météores. Cinquieme Traité.

Dans nos recherches ſur la *nature de l'Air*, nous démontrerons ſa peſanteur &

ſon reſſort; & nous en obſerverons l'influence, dans la machine pneumatique, dans la ſeringue, dans le barometre, dans certaines fontaines, dans le fuſil à vent, dans les pompes aſpirantes, dans le ſyphon, dans l'éolipile, dans l'action de la flamme, dans la végétation des plantes, dans l'économie de la vie animale. L'air ſe combine avec les corps, & ſe dénature en ſe combinant. De la peſanteur & du reſſort de l'air, découle la ſolution de pluſieurs problêmes intéreſſants.

Dans nos recherches ſur la *nature du Son*, nous examinerons ce phénomene, dans le corps qui le produit, dans le milieu qui le tranſmet, dans l'organe qui en eſt affecté, dans l'ame qui en a le ſentiment. La perception ſimultanée de pluſieurs ſons différents, graves & aigus, démontre que l'air eſt un corps hétérogene. Diverſes obſervations ſur la diffuſion & ſur la réflexion du ſon, ſur l'écho, ſur la voix humaine, ſur les inſtruments à vent & à corde, ſur les cornets acouſtiques, ſur l'organe de l'ouie.

Dans nos recherches ſur la *nature des Météores*, nous ferons paſſer en revue, & nous expliquerons, autant qu'il eſt poſſible, tous les météores aqueux, tous les météores lumineux, tous les météores ignés, tous les météores aériens : ce qui nous

donnera occaſion de faire connoître la poudre fulminante, la poudre à canon, les phoſphores naturels & artificiels, la fameuſe machine ou pompe à feu.

Le ſixieme Traité a pour objet la *théorie de la Lumiere*, enviſagée dans ſa nature, dans les loix de ſa propagation, dans ſon analogie avec le Feu, dans ſes rapports avec la Matiere électrique. Sixieme Traité.

Un fluide infiniment ſubtil nous éclaire: nous le nommons *Matiere lumineuſe*. Quelle eſt la ſource & la nature de la lumiere? Quelle eſt l'origine & la cauſe de ſes couleurs? Comment & ſelon quelles loix immuables ſe propage la lumiere hors de l'œil? Comment & ſelon quelles regles invariables, trace-t-elle dans l'œil, les images des objets qui la dardent ou qui la répercutent, & qu'elle fait appercevoir à différentes diſtances & ſous des grandeurs variables? Comment & ſelon quelles loix ſe réfléchit-elle ſur les corps impénétrables, ſur toutes les eſpeces de miroirs de réflexion, plans, convexes, concaves, cylindriques, pyramidaux? Comment & ſelon quelles loix ſe réfracte-t-elle dans les corps qu'elle pénetre obliquement, dans l'eau, dans l'air, dans le verre, dans toutes les eſpeces de miroirs de réfraction, dans les

louppes, dans les microſcopes, dans les lunettes d'approche, dans les téleſcopes, dans les différents polémoſcopes, dans la lanterne magique, dans l'admirable organe de la vue?

Un fluide infiniment ſubtil nous échauffe: nous le nommons *Matiere ignée*, ou Feu élémentaire. Rapports du *feu élémentaire* avec la lumiere. Le feu élémentaire, en ſe combinant avec différents corps, devient *Phlogiſtique*, principe infiniment actif ou infiniment diſpoſé à l'action en lui-même & par lui-même; & par le moyen duquel une force très-petite ſe transforme & doit ſe transformer en une action comme infiniment grande.

Un fluide infiniment ſubtil, & qui paroît avoir de grands rapports avec la lumiere & avec le feu, agite & électriſe quelquefois & peut-être toujours plus ou moins la Nature: nous le nommons *Matiere électrique*. Phénomenes de l'électricité artificielle! Phénomenes de l'électricité naturelle! Conjectures ſur la nature & ſur l'action de ce fluide, duquel paroît dépendre l'action du tonnerre, la vertu de l'aimant, la végétation des plantes, l'action de ce que nous nommons eſprits animaux dans les hommes & dans les brutes.

Le ſeptieme Traité a pour objet la *théorie du Ciel*, ou l'Aſtronomie ſpéculative, qui montre les phénomenes céleſtes; & l'Aſtronomie phyſique, qui en montre les cauſes. Septieme Traité.

L'*Aſtronomie ſpéculative* ou géométrique, renferme la théorie de la Sphere & de toutes ſes dépendances ; la théorie des différents corps céleſtes, des étoiles, des planetes en général, des planetes en particulier, des planetes ſecondaires, des cometes, de la parallaxe & de la réfraction aſtronomique, de la lune, des éclipſes ; la théorie des deux fameuſes loix de Kepler, des forces centrales, & du mouvement elliptique des planetes & des cometes ; la théorie des ſyſtêmes du monde, & la démonſtration complete du ſyſtême de Copernic, le ſeul conforme aux obſervations aſtronomiques, à l'exigence des loix de la Nature & du Mouvement, ſans être en rien oppoſé à l'Écriture ; enfin la théorie de la Terre-planete, de ſa poſition dans le Ciel, de ſes trois mouvements, de ſon applatiſſement vers les poles, des dimenſions quelconques du tems & de l'eſpace dépendantes de l'obſervation du ciel.

L'*Aſtronomie phyſique* préſente un exa-

men philoſophique du Vuide & du Plein; renverſe la chimere du plein & des tourbillons; démontre l'exiſtence du vuide & d'un vuide preſque parfait dans les eſpaces céleſtes; établit l'exiſtence & les loix d'une Attraction réciproque & générale entre tous les corps de la Nature; & fait ſentir l'influence de cette loi d'attraction univerſelle, dans les grands & permanents phénomenes de la gavitation des corps, du mouvement elliptique des planetes & des cometes, du flux & du reflux de la Mer.

Avantages de cet Ouvrage.

Tel eſt & l'objet & le plan d'un Ouvrage deſtiné à faire deſcendre les Sciences phyſiques & phyſico-mathématiques, des *trop ſublimes hauteurs*, où elles exiſtent en pure perte pour le commun des Êtres penſants; ou à mettre ces Sciences, à la portée de tout le monde.

Tout le monde, il eſt vrai, ne s'intéreſſe peut-être pas également à toutes les parties de la Phyſique: mais les perſonnes mêmes qui n'ambitionnent pas d'avoir des connoiſſances liées & ſuivies ſur certaines branches de cette ſcience, ne prétendent pas non plus s'interdire abſolument tout commerce avec cette partie des connoiſſances humaines: elles ne ſeront donc pas fâchées de trouver au beſoin,

ſoin, dans un Ouvrage méthodique & lumineux, une infinité de choſes qui peuvent les intéreſſer en mille occaſions, dans la partie même qu'elles ne veulent pas approfondir. Par exemple, quoique tel Militaire & tel Négociant ne viſent pas à devenir Aſtronomes de profeſſion ; il ſe trouve mille & mille circonſtances dans la vie, où ils ſeront charmés l'un & l'autre d'avoir en leur diſpoſition, & comme ſous leurs mains, un Ouvrage où ils puiſſent apprendre aiſément, dans un moment de loiſir, en quoi conſiſte le ſyſtême de Copernic, dont parle tout le monde ; comment arrive une éclipſe de Soleil ou de Lune, que tout le monde obſerve ; comment le mouvement réel ou apparent du Soleil change la durée du jour naturel, occaſionne la diverſité des ſaiſons ; comme on le voit ; & ainſi du reſte.

Mais cet Ouvrage, pourroit-on dire, exige & ſuppoſe bien des connoiſſances ſur le Calcul & ſur la Géométrie : or combien peu de Lecteurs ſont Calculateurs & Géometres ! Cette idée, mal conçue, pourroit être un grand épouvantail pour un certain nombre de perſonnes, qui pâliſſent encore au ſeul nom de Mathématiques, même dans un ſiecle où cette ſcience devient de

plus en plus la ſcience à la mode. Pour fixer leur idée & leur jugement ſur cet objet, nous devons & nous oſons les avertir, en premier lieu, qu'il n'y a point & qu'il ne peut point y avoir de vraie Phyſique, ſans Mathématiques; en ſecond lieu, que nous n'avons employé dans toute cette Théorie des Êtres ſenſibles, que les plus ſimples éléments du Calcul & de la Géométrie, toujours par néceſſité, & avec la plus grande économie; en troiſieme lieu, qu'en moins de deux ou trois mois de tems, un Eſprit juſte & ſolide peut ſe donner ſeul & ſans Maître, dans le volume de Mathématiques dont nous avons déja fait mention, toutes les connoiſſances mathémathiques, qu'exige & ſuppoſe néceſſairement l'étude de la Phyſique; en quatrieme lieu, qu'il n'eſt pas abſolument néceſſaire d'avoir fait une étude expreſſe du Calcul & de la Géométrie, pour entendre la plus grande & la plus intéreſſante partie des matieres que met ſous les yeux ce Cours complet de Phyſique. Tout Eſprit habitué à réfléchir & à raiſonner, eſt naturellement calculateur & géometre. Il nous eſt arrivé plus d'une fois, de faire entendre & ſentir l'explication de certains grands phénomenes de la Phyſique & de

l'Aſtronomie, dont la connoiſſance eſt néceſſairement liée à quelques principes de la Géométrie, à des perſonnes qui n'avoient antérieurement aucune idée de la Géométrie : elles ſe trouvoient naturellement géometres, ſans ſe ſoupçonner un tel talent ; comme le Bourgeois-Gentilhomme faiſoit de la proſe ſans le ſavoir.

Io anche ſon Pittore (*) ! Tel fut, il n'y a pas bien long-tems, au-delà des Alpes, le mémorable cri du Génie, dans un homme obſcur & ſans culture, qui n'avoit auparavant aucune idée de la Peinture ; & qui, à la vue d'un tableau que lui préſenta le haſard, ſe ſentit ſubitement, & tout-à-coup, né pour faire revivre les Zeuxis & les Apelle, qu'il fit revivre en effet. Combien de vrais talents demeurent enſevelis, à qui il n'a manqué que l'occaſion ou le moyen de ſe connoître, pour ſe développer avec éclat, pour honorer leur Siecle & leur Patrie ! *Et moi auſſi, je ſuis Phyſicien & Géometre*, s'écriera intérieurement & avec ſatisfaction le Génie étonné de plus d'un de nos Lecteurs, en ſe voyant ſi aiſément en état de ſaiſir & de pénétrer une foule de

(*) Mots italiens, qui ſignifient : *Et moi auſſi, je ſuis Peintre* !

myſteres de la Nature, qu'il croyoit infiniment au-deſſus de ſa ſphere !

La table alphabétique des matieres, qui ſuit cette préface, fait de tout cet Ouvrage un vrai *Dictionnaire de Phyſique* : Dictionnaire d'autant plus utile & plus commode, que toutes les matieres s'y trouvent en leur place ; s'y montrent dans leur ordre & dans leur enchaînement naturel, avec leurs préliminaires, avec leurs accompagnements, avec leurs dépendances, & vis-à-vis des *Figures ſenſibles & parlantes*, qui doivent les tracer à l'œil à meſure qu'on les préſente à l'eſprit. Chaque figure doit être conſidérée comme un *deſſin iſolé*, qui n'a rien de commun avec les autres figures de la même Planche, & dans lequel on a été obligé quelquefois de ſacrifier les regles de la Gravure (par exemple, l'unicité des coups-d'œil, l'identité des points de vue, l'inviſibilité des objets dans l'intérieur des corps opaques, la réguliere diſtribution de l'ombre & de la lumiere) au beſoin & à l'utilité de l'expreſſion, qui doit repréſenter le méchaniſme intérieur des choſes : c'eſt ce qu'il n'eût pas été facile peut-être de perſuader à un Graveur moins intelligent & moins habile que M. de la Gardette.

L'analyſe & le tableau de la Nature entiere, tel eſt le ſublime objet, l'intéreſſant ſpectacle, le riche fond d'idées & d'images que va mettre ſous les yeux de toute perſonne capable de faire ou de ſuivre des raiſonnements, cette théorie des Êtres ſenſibles ! Réſultat général.

Nous pardonnera-t-on une idée qui nous flatte, un eſpoir ou une perſuaſion qui nous récompenſe de tous les pénibles travaux auxquels a dû néceſſairement nous aſtreindre pendant pluſieurs années, un Ouvrage auſſi immenſe dans ſon objet, auſſi difficile dans ſon exécution ? Oui, nous croirons avoir réellement bien mérité de la Patrie & de l'Humanité, ſi en applaniſſant la carriere de la Phyſique & des Mathématiques, nous avons l'avantage de contribuer à répandre & à étendre les lumieres qui honorent le plus l'Eſprit humain : parce qu'il eſt évident que l'Ignorance ne peut jamais être bonne à rien ; qu'elle empêche toujours de grands biens, & qu'elle occaſionne ſouvent de grands maux.

Il eſt certain que la Nation pour qui nous écrivons, eſt inconteſtablement depuis pluſieurs ſiecles, le centre & l'aſyle de toutes les ſciences, la principale ſource des grandes lumieres qui éclairent l'Uni-

vers. Mais il eſt certain auſſi qu'une nation, enviſagée dans ſa généralité, n'eſt point encore aſſez éclairée, quand elle ne l'eſt que dans un petit nombre de Savants qui l'honorent, & dont les lumieres lui ſont en quelque ſorte étrangeres ; quand ſon ſuffrage & ſon goût ne s'attachent avec complaiſance, qu'aux talents frivoles, qu'aux bagatelles éphémeres, qu'aux choſes de ſimple agrément, qui l'amuſent ſans l'occuper, ſans lui donner la peine de penſer ; qui l'intéreſſent ſans perfectionner ſes lumieres, ſans rien ajouter à la ſomme de ſes connoiſſances : & qu'elle ſeroit bien moins éclairée encore, ſi comme autrefois, barbare & fanatique, elle n'eſtimoit & & n'honoroit que le ténébreux mérite des factions & des diſcordes, que l'odieux talent des ſatyres & des libelles, que l'art frivole d'enfiler des rimes, ſans penſées & ſans ſentiments, d'entaſſer des aventures romaneſques, ſans intérêt & ſans mœurs ; que les pédanteſques ſubtilités & les bruyantes diſputes de l'Ecole, ennuyeux monuments d'animoſité & de déraiſon ; que les rêves creux & les triſtes diſſertations d'une Scholaſtique deſtinée à éclaircir, & trop ſouvent conſacrée à embrouiller les matieres de la Religion ; que les arbitraires ou ſophiſtiques déciſions d'une Morale

tantôt trop relâchée & tantôt trop outrée, & par là même, toujours également antichrétienne; & mille autres miseres semblables, moins utiles & peut-être plus méprisables que la simple Ignorance.

Un Kalmouke & un Bulgare, qui s'érigent en docteurs dans quelques petites hordes barbares, l'un vrai Diafoirus, intrus dans son ministere qu'il ignore; l'autre vrai Trissotin très-ignoble dans le sien qu'il avilit; celui-là sans physionomie; celui-ci à physionomie dure & cynique; l'un & l'autre frondeurs par suffisance & par bel air, détracteurs par goût & par basse jalousie, parasites par métier & par état, vrais Vempires uniquement propres à mordre & à sucer les Vivants, ont décidé emphatiquement, après avoir combiné la double masse de leur intelligence, que dans le générique tableau que nous venons de tracer de quelques travers de l'Esprit humain, nous attaquions la Poésie, la Scholastique, la Morale; & qu'on pourroit utilement nous en faire un crime auprès de personnes que nous révérons. Le Kalmouke & le Bulgare se trompent. Les Corneille & les Racine, les Bellarmin & les Tournelly, les Bossuet & les Bourdaloue, les Euclide & les Newton, font tour à tour & notre admiration & nos délices. N'estimer qu'un

ſeul genre, c'eſt afficher authentiquement qu'on manque ou de ce tact ou de cette lumiere de l'Ame, qui fait ſentir le mérite & le prix des différents genres qu'on dédaigne; & telle n'a point dû évidemment être notre prétention. Nous n'attaquons donc ici, comme le voit aiſément tout Eſprit éclairé & ſenſé, que les vices & les défauts qui défigurent trop ſouvent la Poéſie, la Scholaſtique, la Morale; trois genres eſtimables par leur nature & par leur deſtination, très-mépriſables par la maniere dont les traitent les Bulgares & les Kalmoukes de toute nation; c'eſt-à-dire, les hommes ſans lumiere & ſans goût, tels que les deux obſcurs anonymes dont nous venons de donner le ſignalement.



TABLE ALPHABÉTIQUE
DES MATIERES,
Qui fait de tout cet Ouvrage, un vrai DICTIONNAIRE DE PHYSIQUE.

Ce signe ═ *signifie ici* jusqu'à. *Par exemple, 1240 ═ 1253, signifie que la matiere indiquée est traitée depuis le numero 1240, jusqu'au numero 1253.*

Premier numero du second volume, 491; du troisieme volume, 784; du quatrieme volume, 1108.

A B.

Cuivre

G A.

H A.

PA.

S A.

T A.

V A.

FIN DE LA TABLE.

APPROBATION DU CENSEUR ROYAL.

J'AI lu par l'ordre de Monſeigneur le Chancelier, un manuſcrit intitulé : *Théorie des Êtres ſenſibles, ou Cours complet de Phyſique, ſpéculative, expérimentale*, &c. & il m'a paru qu'il ne contenoit rien qui pût en empêcher l'impreſſion ; & même qu'elle pouvoit être utile, par la maniere dont l'Auteur a ſu reſſerrer & préſenter tous les objets de la Phyſique. A Fontainebleau, le 17 Octobre 1771.

Signé, MONTUCLA, Cenſeur Royal.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenants Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT : Notre amé le ſieur JOMBERT, Pere, Libraire, Nous a fait expoſer qu'il deſireroit faire imprimer & donner au public : *Théorie des Etres Senſibles, ou Cours complet de Phyſique, ſpéculative, expérimentale, ſyſtématique & géométrique, miſe à la portée de tout le monde ;* s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de permiſſion pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces préſentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le faire vendre & débiter par tout notre royaume, pendant le tems de trois années conſécutives, à compter du jour de la date des préſentes. Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires, & autres perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance. A la charge que ces Préſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires

de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres; que l'Impétrant se conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725, à peine de déchéance de la présente Permission; qu'avant de l'exposer en vente, le manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier, Garde des Sceaux de France, le sieur DE MEAUPOU; qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle dudit sieur DE MEAUPOU; le tout à peine de nullité des Présentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons qu'à la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de haro, charte Normande, & lettres à ce contraires: Car tel est notre plaisir. DONNÉ à Paris, le vingtieme jour du mois de novembre, l'an mil sept cent soixante-onze, & de notre regne le cinquante-septieme. Par le Roi en son Conseil.

LE BEGUE.

Registré sur le Registre XVIII de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 1688, *folio* 582, *conformément au réglement de* 1723. *A Paris, ce* 16 *Janvier* 1772.

L. F. LECLERC, Adjoint.

FAUTES A CORRIGER.

Pages	Lignes	*Fautes.*	*Lisez*
8	1	en cette matiere,	en cette maniere,
37	14	*corpuscules* animés	*corpuscules* inanimés
48	31	position de matiere,	portion de matiere,
61	9	étendus & indivisibles	étendus & divisibles
72	16	proprié de nombre ?	propriété de nombre ?
77	10	l'étendue, parties	l'étendue des parties
99	25	des *êtres factices*	des *êtres fictices*
156	26	du soleil ou d'une bougie :	du soleil :
157	20	ont des enfoncements	ayant des enfoncements
163	20	*que les diversifient*,	*qui les diversifient*,
225	11	& qui deux cornes	& qui a deux cornes
231	23	un corps très-compact	un corps très-compacte
	16	*les plus compacts*,	*les plus compactes*,
259	14	qu'elle pénetre, & qu'elle	qu'il pénetre, & qu'il
295	27	décidée comme	décidé, comme
331	17	de leur gravitation	de sa gravitation
338	35	venons expliquer	venons d'expliquer
406	8	le fusil en K :	le fusil séra en K :
454	30	en plein son effet,	en plein leur effet,
465	10	par la réfraction :	par la réflexion :

THÉORIE
DES ÊTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE.

PREMIER TRAITÉ.
THÉORIE DE LA MATIERE.

NATURE DE LA MATIERE; ſon Etendue, ſa Diviſion, ſa Diviſibilité, ſon Inertie & ſes Loix, ſes Affinités, ſon Homogenéité.

NATURE DES CORPS; ou Principes qui les conſtituent, & Propriétés qui les caractériſent, dans leurs genres & dans leurs eſpeces.



THÉORIE DES ÊTRES SENSIBLES, OU COURS COMPLET DE PHYSIQUE.

PREMIER TRAITÉ.

Théorie de la Matiere.

LA théorie générale de la Matiere, la théorie générale des Corps, tel eſt l'intéreſſant ſujet que nous allons entreprendre de développer dans ce premier traité : ſujet difficile & épineux, où il ne s'agit de rien moins, que de répandre une lumiere pure & ſenſible ſur tout le ténébreux chaos des choſes; que de démêler les propriétés communes & différentielles, les points de vue généraux & caractériſtiques, où ſe confondent & où ſe diviſent tous les êtres; que de décou-

vrir & de débrouiller les rapports infiniment compliqués, & quelquefois infiniment cachés de toutes les différentes especes de corps ; que d'arracher à la fois à la Nature entiere, le voile épais qui la couvre, pour en montrer lumineusement l'ensemble sous un même point de vue ; que de former heureusement la chaîne générale des principes & des conséquences, qui doit conduire un amateur de la physique dans l'interminable dédale de tout ce que l'œil découvre & de tout ce que l'esprit conçoit de substances matérielles dans l'immense univers !

La matiere est en prise & aux spéculations métaphysiques, qui ne dépendent que du *témoignage des idées* ; & aux observations physiques, qui dépendent du *témoignage des sens*. Nous l'avons considérée sous le premier rapport, à la fin de notre métaphysique : il nous reste à l'examiner sous ce dernier rapport, rapport infiniment plus riche & plus intéressant que le précédent, dans ce commencement de notre physique.

DÉFINITIONS GÉNÉRALES.

1. DÉFINITION I. La Physique est la science des corps ; c'est-à-dire, de toutes les substances sensibles qui composent l'univers : comme nous venons de l'expliquer dans la préface de cet ouvrage.

I°. J'entends par *matiere*, toutes les substances sensibles qui composent cet univers : quelle que soit leur nature, leur figure, leur grandeur ou leur petitesse.

II°. J'entends par *substances sensibles*, toutes les substances qui par leur réunion en plus ou moins

grande maſſe, en plus ou moins grand volume, ſont capables d'affecter en quelque maniere que ce ſoit, quelqu'un de nos ſens; ou de lui occaſionner un ébranlement organique quelconque, qui puiſſe donner lieu à notre ame d'en connoître & d'en ſentir ou l'exiſtence ou la nature.

L'idée de matiere, l'idée de ſubſtances ſenſibles, l'idée de corps en général, en faiſant abſtraction & de leurs eſpeces & de leurs maſſes, ſont trois idées qui n'ont pour le fond qu'un même objet. On peut cependant mettre une diſtinction entre *l'idée de matiere*, qui eſt toujours abſtraite & indéterminée, qui ne renferme & n'exclud aucune union ou déſunion dans les ſubſtances matérielles qui ſont ſon objet; & *l'idée de corps*, qui renferme toujours dans ſon objet, une réunion d'un nombre plus ou moins grand de ſubſtances matérielles en un même tout.

2. DÉFINITION II. J'appelle *nature de la matiere*, les différentes qualités ou propriétés qui lui ſont inhérentes, qui la diſtinguent de tout ce qui n'eſt pas matiere, qui la caractériſent & la ſpécifient dans ſon état naturel : ſans examiner quelles qualités ou propriétés elle pourroit avoir ou dans un autre ordre de choſes, ou dans un état miraculeux, dont je fais ici pleinement & abſolument abſtraction.

3. DÉFINITION III. J'appelle *nature des corps*, les différentes qualités ou propriétés, qui les diſtinguent dans leurs eſpeces; qui font qu'une eſpece n'eſt pas l'autre, & qu'elle differe de l'autre & dans ſes principes & dans ſes effets. Les qualités ou propriétés caractériſtiques du marbre, qui font que cette matiere differe de toute autre matiere, par exemple, du bois, de l'argille, de

l'air, du feu, de l'eau, & ainsi du reste; c'est ce que je nomme *nature du marbre*. De même, les qualités ou propriétés caractéristiques de l'air, qui font que cette matiere, distinguée de toute autre matiere, n'est ni l'eau, ni la terre, ni le feu, ni un minéral, ni un végétal; c'est ce que je nomme *nature de l'air*.

4. DÉFINITION IV. On nomme *élements* ou *molécules* ou *atomes* de la matiere, les plus petites parties où un corps peut être réduit par la décomposition. Par exemple, si je mets sur mon feu une bûche de chêne ou de fayard; cette bûche se décompose & se résout en particules de feu, en particules d'air, en particules de terre, en particules de divers sels fixes, en particules de vapeurs aqueuses, huileuses, sulphureuses, &c. Ces particules, immensément petites, & réduites à leur derniere division naturelle, sont les éléments ou les molécules, ou les atomes de cette bûche. Le fameux Leibnitz donne à ces mêmes êtres, le nom de *monades* (*).

5. DÉFINITION V. On appelle *corps*, un assem-

(*) ETYMOLOGIE. I°. *Eléments* : principes primitifs. *Primigeniæ partes, seu principia, ex quibus conflatur corpus quodlibet.*

II°. *Molécules* : très-petites masses. Diminutif de *moles* : *parvula moles; molecula.*

III°. *Atomes* : particules insécables. *Molecula insecabilis, aut quæ consideratur ut non ultrà secabilis* : d'ατομος, *indivisibilis, non secabilis.*

IV°. *Monade* : être seul & unique. *Ens unicum & solitarium; ens omnem à se compositionem excludens* : de μονος, *solus*. Le terme de *monade* a été employé & consacré par Leibnits, pour exprimer l'unicite & la simplicité de chaque être primordial, matériel ou immatériel. (50.)

blage plus ou moins conſidérable de ces parties primitives. L'idée d'un corps exprime donc néceſſairement une multiplicité d'éléments réunis en un même tout. La bûche dont je viens de parler, eſt un corps : l'eau contenue dans un verre, eſt un corps : un grain de ſable, à peine ſenſible, eſt un corps : le faiſceau de lumiere, qui de ma prunelle paſſe dans ma rétine, eſt un corps. Un ſeul & unique élément d'air, ou d'eau, ou de marbre, ou de terre, ſeroit matiere, & ne ſeroit pas un corps.

6. DÉFINITION VI. On diviſe les corps, en corps ſimples & en corps mixtes. On appelle *corps ſimples*, ceux dont les éléments ſeroient tous de même eſpece ou de même nature. On nomme *corps mixtes*, ceux dont les éléments ſont de différente eſpece, ou de différente nature. Si les éléments de l'or étoient tous de même nature, enſorte que chaque élément reſſemblât parfaitement à chaque autre élément & par ſa matiere & par ſes configurations, l'or ſeroit un corps ſimple. Un arbre, compoſé de particules ignées, aëriennes, ſalines, huileuſes, aqueuſes, terreuſes, toutes diſſemblables entre elles, eſt un corps mixte.

7. DÉFINITION VII. Les parties qui compoſent les mixtes, ſe diviſent en parties conſtituantes & en parties intégrantes. Les *parties conſtituantes* d'un mixte, ſont celles qui par leur union & leur combinaiſon déterminent ſa nature & ſa qualité : les *parties intégrantes* d'un mixte, ſont celles qui, déterminées dans leur nature, déterminent ſa maſſe & ſa quantité. Un morceau de bois eſt déterminé à être bois plutôt que pierre, par tel mêlange de parties terreuſes, ſalines,

aqueuſes, huileuſes, ignées, aëriennes, qui ſont ſes parties conſtituantes. Ce morceau de bois eſt déterminé à avoir une maſſe d'une livre, ou d'une once, ou d'un grain, par le nombre de ſes parties intégrantes, dont chacune a la nature & la qualité de bois.

I°. Les *parties conſtituantes* d'un mixte, ſont des éléments de différente nature, qui par leur union & leur combinaiſon mutuelle conſtituent réellement un mélange, un corps mixte, lequel participe des propriétés de ſes divers principes. Par exemple, le ſel commun a pour parties conſtituantes, l'acide & l'alkali, qui déterminent ſon être & ſa nature. Comme cet acide & cet alkali, unis & combinés enſemble, ſont les conſtitutifs intrinſeques du ſel commun, il eſt clair qu'on ne peut déſunir & ſéparer ces deux principes, ſans détruire la nature de ce ſel: enſorte qu'après cette ſéparation, ce ne ſera plus le ſel commun qui exiſtera, mais ſeulement l'acide & l'alkali de ce même ſel, qui ſont deux choſes fort différentes entre elles, & fort différentes du ſel qu'elles formoient par leur combinaiſon. On doit regarder les parties conſtituantes, comme les principes primitifs des corps.

II°. Les *parties intégrantes* d'un mixte, ſont les plus petites portions qu'on puiſſe extraire de ce mixte, ſans le dénaturer. Les parties conſtituantes different entre elles, & different du mixte qu'elles forment. Les parties intégrantes ne different abſolument en rien entre elles, & ne different non plus en rien, quant à leur nature & à leurs principes, du corps même dans la maſſe duquel elles entrent. Si on diviſe une maſſe de ſel commun en molécules de plus en plus petites, ſans qu'il

y ait désunion de l'acide & de l'alkali, chacune de ces molécules aura toujours, comme la masse entiere, la nature de sel commun. Et si l'on suppose que ces molécules de sel, parvenues au dernier degré de ténuité, ne soient composées chacune que d'un seul atome d'acide, & d'un seul atome d'alkali réunis, ensorte qu'on ne puisse diviser davantage sans séparer l'acide de l'alkali, ces molécules seront les parties intégrantes primitives de ce sel.

8. DÉFINITION VIII. On divise encore les corps, en solides & en fluides. On nomme *corps solides*, ceux dont les éléments sont adhérens les uns aux autres : tel est un morceau de bois, de fer, de marbre. On nomme *corps fluides*, ceux dont les éléments n'ont aucune adhérence sensible les uns avec les autres : tels sont l'air, le feu, l'eau, la lumiere.

1°. Parmi les fluides, il y en a qu'on nomme liquides; il y en a qu'on nomme simplement fluides. Le nom de *liquide* est affecté à certaines especes de fluides, dont les éléments réunis en masse considérable, sont visibles & palpables en eux-mêmes, & dont les surfaces se mettent communément de niveau : comme l'eau, le vin, le sang, les humeurs, les liqueurs de tout genre. Le nom de *fluide* est spécialement affecté à ces especes de fluides, dont les éléments réunis ne sont jamais visibles & palpables en eux-mêmes, & dont les surfaces ne se mettent pas communément de niveau : tels que l'air, la lumiere, la matiere subtile. Il résulte de cette subdivision du terme générique de fluide, qu'on pourroit diviser les corps en solides, en liquides, & en fluides.

II°. On peut ſe former, en cette matiere, une idée ſenſible de la différence qui ſe trouve entre les corps fluides & les corps ſolides. 1°. Repréſentez-vous un vaſe cubique ou cylindrique, rempli de petits corpuſcules en forme de globules, ou de cones, ou de fuſeaux, infiniment liſſes & polis dans leurs ſurfaces, ſans aucune liaiſon ou adhérence entre eux : c'eſt l'image d'un *fluide*. 2°. Liez & uniſſez maintenant par la penſée, ces mêmes corpuſcules en un même tout, par leurs points de contact ; enſorte que tous ces corpuſcules ne faſſent qu'une même maſſe, & qu'en ſaiſiſſant un ou pluſieurs de ces corpuſcules vous enleviez tous les autres qui ſont naturellement unis & adhérens entre eux : c'eſt l'image d'un *ſolide*. Corps ſolide & corps dur ſont ici deux termes parfaitement ſynonymes.

9. DÉFINITION IX. On appelle *fixité* dans certains corps, la propriété qu'ils ont de réſiſter à l'action du feu, ſans s'élever & ſe diſſiper en vapeurs. On appelle *volatilité*, la propriété oppoſée qu'ont un très-grand nombre de corps, de ſe réduire en vapeurs légéres qui s'exhalent, lorſqu'ils ſont expoſés à l'action du feu. Le point juſqu'où un corps doit réſiſter au feu ſans ſe ſublimer, pour être réputé fixe, n'eſt pas un point précis & déterminé : enſorte que les ſubſtances ſont preſque toujours réputées *fixes* ou *volatiles*, par comparaiſon avec d'autres ſubſtances qui le ſont moins. L'or & l'argent ſont des corps fixes ; l'eau & le mercure ſont des corps volatils.

10. DÉFINITION X. On nomme *pores* dans les corps, les vuides ou les interſtices que laiſſent entre eux les éléments de matiere qui forment un même tout, ſolide ou fluide. Pour vous former

une idée ſenſible des pores qui ſe trouvent dans tous les corps, ſolides ou fluides, expoſés à nos obſervations, concevez une corbeille remplie ou de boules à jouer, ou de cailloux irréguliers de différente figure & de différent volume. Ces boules ou ces cailloux, entaſſés au haſard les uns ſur les autres, ne ſe touchent pas dans tous les points de leurs ſurfaces : ils laiſſent donc des vuides plus ou moins conſidérables & plus ou moins réguliers, entre leurs parties ſolides. C'eſt une image aſſez reſſemblante & aſſez naturelle de la configuration interne des différens corps, ſolides & liquides, qui ſe prêtent à nos expériences, & qui tous ont une plus ou moins grande ſomme de pores, par le moyen deſquels, comme par autant de routes ouvertes & frayées, les fluides plus ſubtils s'y inſinuent & s'en échappent avec une merveilleuſe facilité.

11. REMARQUE. Les éléments primitifs des corps, ſolides ou fluides, doivent être conſidérés comme des maſſes d'une dureté infinie : puiſque, comme nous l'obſerverons ailleurs (145), aucun agent créé ne peut diviſer & ſéparer les parties qui compoſent ces éléments primitifs, diviſibles en eux-mêmes, indiviſibles par la loi & par la volonté du Créateur. Cette dureté infinie dans les éléments primitifs, n'empêche pas que les éléments infiniment durs de l'eau, par exemple, ne forment un liquide : parce que la nature d'un liquide, comme liquide, ne réſulte que du défaut de lien & d'adhérence entre ſes éléments.

La dureté des corps a pour ſource l'adhérence de leurs éléments dans leurs points de contiguïté : quelle que ſoit la cauſe de cette adhérence, que nous examinerons ailleurs. Les corps ſolides ont

leurs éléments d'une dureté infinie, liés & adhérens les uns aux autres par leurs points de contact. Les corps fluides ont leurs éléments d'une dureté infinie, glissants les uns sur les autres, & privés de toute sensible adhérence entre eux. Les corps les plus durs sont ceux qui requierent une plus grande force, non pour rompre & entamer leurs éléments, mais pour écarter & séparer les éléments contigus. Quand on divise un corps solide, on n'entame point ses éléments, on se borne à séparer ces éléments primitifs, sans en altérer ou la masse ou la configuration.

12. DÉFINITION XI. On nomme *phénomene*, un effet sensible & surprenant dans le ciel ou sur la terre, que l'on découvre, ou par la simple observation de la nature, ou par le moyen des expériences physiques, & dont la cause n'est pas sensible & évidente en elle-même.

Le mouvement d'un carrosse, traîné par des chevaux, n'est pas un phénomene : parce qu'on voit la cause de cet effet. Le mouvement d'une planete ou d'une comete, en ligne courbe autour du soleil, est un phénomene : parce que cet effet a une cause qui ne se montre pas aux yeux, & que l'esprit doit chercher & deviner. On voit par-là, que le nom de phénomene s'étend à une infinité de choses : puisqu'il y a dans la nature, une infinité d'effets sensibles, qui ne surprennent peut-être pas, parce qu'on est accoutumé à les voir sans cesse ; mais qui sont toujours surprenants en eux-mêmes, puisque leur cause ne se fait pas voir & sentir.

La connoissance de la nature est fondée toute entiere sur l'observation des phénomenes qu'elle

présente à nos sens : puisque nous ne voyons pas les choses en elles-mêmes, & que nous ne pouvons connoître les causes cachées & invisibles, que par leurs effets sensibles ; la nature, que par ses phénomenes.

Division de ce traité.

13. OBSERVATION. La matiere peut être considérée, ou précisément *comme matiere*, ou spécialement *comme composant des corps :* & c'est sous ce double point de vue que nous allons l'envisager dans ce premier traité.

Pour saisir la raison & le fondement de cette distinction que nous mettons entre la matiere & les corps, concevez tous les différens corps qui forment l'univers, réduits à leur derniere division naturelle, ou décomposés en leurs éléments primitifs : éléments séparés les uns des autres, épars au sein du vuide immense ; tels que se les figuroit Epicure avant l'origine des choses, dont il entreprit d'expliquer la formation.

Dans cette hypothese évidemment possible ; il y aura une *matiere*, & il n'y aura point de *corps :* on peut donc considérer la matiere comme matiere, sans la considérer encore comme constituant des corps. Delà, cette double question, qui tracera le plan & qui formera la division de ce traité : quelle est la *nature de la matiere ?* quelle est la *nature des corps ?* Delà la division de ce traité en deux sections, qui auront pour objet, l'une la nature de la matiere ; l'autre, la nature des corps.



PREMIERE SECTION.

LA NATURE DE LA MATIERE.

QUELLE étendue convient à la matiere? Jusqu'à quel point la matiere est-elle divisée? Jusqu'à quel point la matiere est-elle divisible? La matiere est-elle active ou passive par elle-même? La matiere est-elle homogene ou hétérogene dans son être primitif? Tel est l'intéressant objet de nos recherches sur la nature de la matiere. L'*étendue*, la *division*, la *divisibilité*, l'*inertie*, l'*homogénéité* de la matiere, exigent, pour être lumineusement exposées, tout autant d'articles différens.

ARTICLE PREMIER.

ETENDUE DE LA MATIERE.

14. DÉFINITION. L'ÉTENDUE est ou pénétrable ou impénétrable. L'*étendue pénétrable* est l'espace ou la capacité de recevoir des corps. L'*étendue impénétrable* est la matiere placée dans l'espace. L'espace peut exister sans contenir aucune matiere : la matiere ne peut exister sans occuper une portion indéterminée de l'espace infini.

Pour mieux saisir la différence de cette double étendue, pénétrable & impénétrable, concevez une capacité quelconque ; par exemple, une chambre cubique de trois toises d'étendue en tout sens, formée par six surfaces d'un marbre que ne

puisse pénétrer aucune matiere extérieure. Que le Créateur anéantisse absolument toute la matiere quelconque, qui se trouve entre ces six surfaces, en retenant les six surfaces à la même distance de trois toises où elles se trouvent l'une de l'autre ! Dans cette hypothese évidemment possible, vous aurez entre ces six surfaces, une *étendue pénétrable* de trois toises en tous sens, ou une capacité de recevoir des corps qui auroient trois toises en tout sens, ou vingt-sept toises cubiques. Qu'ensuite le Tout-puissant crée dans cette capacité vuide de tous corps, une quantité de matiere sans pores, qui l'emplisse entiérement ! Dans cette nouvelle hypothese, encore évidemment possible, vous aurez dans cette capacité ou dans cette chambre, une *étendue impénétrable* de trois toises en tout sens, ou de vingt-sept toises cubiques.

DIVERSES ASSERTIONS SUR L'ÉTENDUE.

15. ASSERTION I. *La propriété caractéristique de la matiere, la propriété par laquelle nous la distinguons de tout ce qui n'est pas matiere, c'est l'étendue solide & impénétrable.*

EXPLICATION. Ce qui se présente le premier à nos idées, ou du moins à nos sens, quand nous examinons les corps qui nous environnent, c'est leur *étendue* en longueur, en largeur, en profondeur. Ces trois dimensions, que les géometres considerent séparément les unes des autres, sont toujours inséparables dans l'état physique des corps. Car il n'y a point de corps dans lequel on ne conçoive au moins deux surfaces, réellement distinguées l'une de l'autre : & comme la

multiplicité des ſurfaces fait une *profondeur*, & que les ſurfaces réſultent d'un aſſemblage de lignes qui font une *largeur*, & que les lignes ſont formées d'un nombre de points qui font une *longueur*; il s'enſuit que le moindre ou le plus petit de tous les corps, eſt néceſſairement long, large, profond.

16. ASSERTION II. *L'étendue eſt une propriété inſéparable de la matiere, mais elle n'en eſt pas l'eſſence.*

EXPLICATION I°. L'étendue eſt une propriété inſéparable de la matiere : puiſqu'on ne peut concevoir la matiere, ſans y concevoir une étendue réelle plus ou moins grande; & que, ſelon le principe fondamental de toutes les ſciences, tout ce que l'on conçoit néceſſairement dans une choſe, eſt indubitablement dans cette choſe. (*Met. 154.*)

II°. Il ne s'enſuit pas delà, que l'étendue ſoit l'eſſence de la matiere : puiſque l'eſſence de toute portion déterminée de matiere, eſt évidemment déterminée & immuable; & qu'il eſt certain par les principes de la religion, que telle & telle portion déterminée de matiere, en conſervant toujours ſa même eſſence, peut miraculeuſement augmenter en étendue réelle, par la réproduction; peut miraculeuſement diminuer en étendue réelle, par la compénétration : comme nous l'avons expliqué & fait voir, en conſidérant la matiere dans un état miraculeux & ſurnaturel. (*Met. 704.*)

Après ce ſimple & ſuccinct retour ſur l'état métathyſique de la matiere, nous allons nous borner dans la ſuite à l'enviſager toujours pu-

rement & ſimplement dans ſon état naturel.

17. ASSERTION III. *La matiere, dans ſon état naturel, eſt une ſubſtance étendue & impénétrable.*

DÉMONSTRATION. I°. La matiere eſt *une ſubſtance :* puiſqu'on la conçoit en elle-même & par elle-même ; puiſqu'après avoir reçu l'exiſtence par l'action créatrice du Tout-puiſſant, elle exiſte en ſoi & par ſoi : en quoi elle differe des *modifications*, qui ne peuvent exiſter, & qu'on ne peut concevoir que dans la ſubſtance modifiée. (*Met. 55.*)

II°. La matiere eſt une *ſubſtance étendue :* puiſque toutes les ſubſtances matérielles qui ſe prêtent à nos obſervations, s'offrent à nous ſous la propriété d'étendue ; puiſqu'à quelque inconcevable petiteſſe que notre eſprit réduiſe par la penſée, un élément de matiere, il conçoit encore dans cet élément pluſieurs faces, dont l'une n'eſt pas l'autre, dont chacune a ſon étendue à part. Que doit-on affirmer des choſes, ſinon ce que les ſens nous y montrent, ſinon ce que l'eſprit y conçoit ?

III°. La matiere eſt une *ſubſtance impénétrable :* puiſque tout élément de matiere occupe excluſivement un eſpace, auquel il répond par ſes parties réelles & poſitives, ſans qu'il ſoit jamais en notre pouvoir de lui faire perdre la moindre partie de ſon étendue intrinſeque & abſolue.

Pour vous rendre ſenſible cette théorie, concevez d'abord un pouce cubique d'or ſans pores & ſans vuides : la ſomme de tous ſes éléments, réunis ou ſéparés, eſt une étendue abſolue d'un pouce cubique ; étendue qu'aucun agent créé ne peut lui faire perdre, parce qu'aucun agent créé

ne peut opérer la compénétration des éléments de la matiere, ou faire qu'un élément existe dans l'autre : compénétration qui seule pourroit faire perdre à ces éléments leur étendue positive & intrinseque. Concevez ensuite un pouce cubique d'or, où il y ait précisément une égale somme de vuides & d'éléments : la somme de son étendue réelle & positive, déduction faite de la somme négative des vuides, est un demi-pouce cubique. A grands coups de marteaux on pourra forcer ces éléments à se rapprocher les uns des autres, à laisser de moins grands vuides entre eux. La plus grande compression possible aboutiroit à les réduire à un demi-pouce cubique d'étendue ; mais elle ne pourra jamais faire ensorte que cette quantité de matiere occupe moins d'un demi-pouce cubique d'étendue.

IV°. Il résulte donc, de ce que nous venons de dire & de démontrer, que la matiere, dans son état naturel, est toujours une substance étendue & impénétrable ; & que la quantité de sa substance réelle & positive, est toujous en proportion d'égalité avec son étendue absolue & impénétrable. C. Q. F. D.

18. COROLLAIRE. Il suit de ce que nous avons dit & sur la matiere & sur l'étendue, que *tout élément de matiere existe nécessairement en soi, dans un point quelconque de l'espace, & exclud positivement de ce point de l'espace qu'il occupe, tout autre élément de matiere :* ensorte que deux éléments de matiere ne peuvent exister sans miracle, l'un dans l'autre & dans un même espace.

Ce que nous disons ici d'un élément de matiere, on doit le dire également d'un corps, ou d'un assemblage d'éléments. Tout corps occupe exclusivement

exclusivement un espace égal à la somme de tous ses éléments.

Quand on comprime un corps, on force ses éléments à se rapprocher les uns auprès des autres; on diminue la somme des pores, parsemés entre ces éléments: mais on ne détruit point, on ne diminue point son étendue intrinseque & absolue, qu'il faut toujours distinguer de l'étendue de ses pores ou de ses vuides. La plus grande compression possible, si elle pouvoit avoir lieu, seroit la contiguïté totale de tous éléments, & l'entiere cessation des pores & des vuides dans le corps ainsi comprimé: mais une telle compression est au-dessus des forces des agens créés, lesquels ne peuvent jamais faire perdre à un corps tous ses vuides.

19. REMARQUE. Nous n'examinerons pas encore *si l'étendue qui convient à la matiere, affecte tous ses éléments isolés*, en sorte que tout élément isolé ait son étendue à part; étendue réelle & indépendante de son union avec un autre élément: ou si cette étendue qui convient à la matiere, nulle dans chaque élément isolé, devient réelle & positive par la réunion de plusieurs éléments; en sorte que chaque élément isolé soit inétendu, & qu'une somme d'éléments soit étendue. Cette question sera examinée & décidée plus convenablement dans le troisieme article suivant.



ARTICLE SECOND.

DIVISION DE LA MATIERE.

COMME on ne peut expliquer la plupart des phénomenes merveilleux que la nature offre partout à nos regards, ſans ſuppoſer une inconcevable diviſion dans les éléments de la matiere, il eſt de la derniere importance de commencer par examiner combien la matiere eſt effectivement diviſée, ou de quelle étonnante petiteſſe ſont réellement les éléments de la matiere. C'eſt par des preuves de fait ou d'expérience, que nous allons établir cette théorie.

PROPOSITION.

20. *La matiere eſt diviſée au-delà de tout ce que notre imagination peut concevoir : ou bien, les éléments de la matiere ſont d'une ténuité qui paſſe tout ce que nous pouvons imaginer & comprendre.*

EXPLICATION. La ductilité des métaux, la diffuſion des odeurs, la vie des animalcules imperceptibles, l'émanation de la lumiere, telles ſont les principales expériences ou obſervations que nous allons choiſir, pour rendre ſenſible la vérité que nous avons à démontrer. Nous nous attachons à celles-ci de préférence ſur mille autres; parce qu'elles ſont plus propres à ſervir d'introduction générale à la phyſique, par la lumiere qu'elles peuvent répandre ſur une foule d'objets généraux de la nature.

PREMIERE DÉMONSTRATION.

La ductilité des métaux.

LES arts doivent leur lumiere à la physique : la physique tire aussi quelquefois des arts, une lumiere nouvelle. Nous allons donner quelques momens d'attention aux procédés que mettent en usage les batteurs & les fileurs d'or : ils nous fourniront une preuve sensible de l'étonnante division de la matiere.

21. DÉFINITION. On nomme *ductilité des métaux*, cette propriété qu'ont leurs parties intégrantes de s'étendre sans se désunir.

Cette propriété n'est autre chose que l'adhérence continue des parties intégrantes, laquelle fait que ces corps peuvent céder à la percussion & à la pression, peuvent prendre mille formes différentes, sans qu'il y ait fracture ou solution de continuité entre les parties : ce qui arrive, parce qu'à mesure que les parties contiguës sont forcées de se séparer, il s'en trouve d'autres qui se joignent de part & d'autre à celles qui se séparent. Il est très-vraisemblable que la figure des parties élémentaires des corps ductiles contribue principalement à leur ductilité : mais comme nous n'avons aucune connoissance de la forme de ces parties, on ne peut expliquer la ductilité d'une maniere plus particuliere.

De tous les métaux, le plus ductile c'est l'or : & c'est sur ce métal que vont se fixer principalement les observations que nous allons faire en ce genre.

Les batteurs d'or.

22. OBSERVATION I. Les ouvriers qui battent l'or & qui le réduisent en feuilles, ont trouvé l'art de lui procurer une étendue dont l'imagination s'étonne. Le philosophe Boyle est un des premiers qui ait fait cette remarque, qu'une quantité d'or, qui ne pese qu'un grain (ou qui n'est que la cinq cent soixante-seizieme partie d'une once) acquiert sous les marteaux & sous les rouleaux qui la mettent en feuille, une étendue de cinquante pouces quarrés.

I°. La longueur d'un pouce contient au moins deux cents parties visibles : puisqu'il y a des instrumens de mathématique où un pouce est partagé en cent divisions, dont un œil attentif saisit facilement les moitiés. Donc en multipliant la longueur par la largeur, une feuille d'un pouce quarré aura 40,000 parties visibles dans sa surface supérieure, & tout autant dans sa surface inférieure ; ce qui fait 80,000 parties visibles. Donc une surface de cinquante pouces aura 4,000,000 parties visibles. Voilà donc un grain d'or divisé en quatre millions de parties que l'œil peut saisir & distinguer.

II°. Un grain n'étant que la cinq cent soixante-seizieme partie d'une once, pour avoir le nombre de parties visibles d'une once entiere d'or, il faut multiplier 4,000,000 par 576 : ce qui donne 2,304,000,000 parties visibles, auxquelles l'art réduit une seule once d'or.

Les fileurs d'or.

23. OBSERVATION II. Les ouvriers qui prépa-

rent le fil d'argent pour le convertir en galons & en étoffes, portent encore plus loin cette prodigieuſe extention de l'or, quand on le file.

Avec une quantité de feuilles d'or qui n'excede jamais ſix onces, & qu'ils diminuent quelquefois juſqu'à une once, ils couvrent un cylindre d'argent de vingt-deux pouces de longueur ſur quinze lignes de diametre, & du poids de quarante-cinq marcs. Ils font paſſer ce rouleau doré ſucceſſivement par les différens trous d'une filiere ou lame d'acier, leſquels trous vont toujours en décroiſſant depuis le premier juſqu'au dernier : de façon que, s'alongeant continuellement aux dépens de ſon diametre, ce cylindre ou ce rouleau devient enfin auſſi délié qu'un cheveu, & d'une longueur qui égale environ 97 lieues de 2000 toiſes chacune.

24. EXPLICATION. I°. Les feuilles d'or qu'on applique à ce cylindre, s'uniſſent intimément à ſa ſurface, & font comme un même tout avec l'argent à qui elles ſervent d'enveloppe, & auquel elles adherent avec force. Cette forte adhérence des feuilles d'or au cylindre d'argent, ſemble avoir principalement pour cauſe, la grande affinité qu'a l'or avec l'argent ; affinité qu'il a plus ou moins grande, avec toutes les ſubſtances métalliques, & qu'il n'a pas de même avec les ſubſtances non-métalliques. (85.)

II°. En paſſant ſucceſſivement par les différents trous de la filiere, l'or, en vertu de ſa ductilité & de ſon affinité avec l'argent, s'étend ſur le cylindre & lui reſte adhérent, à meſure que le cylindre s'alonge. Le fil doré qui en réſulte, eſt encore un petit cylindre d'argent, auquel l'or qui s'eſt de plus en plus étendu, & qui le

couvre encore, ſert toujours de fourreau & d'enveloppe. Ce fil doré ſe nomme *trait* (*).

III°. On fait paſſer le fil doré ou le trait entre deux rouleaux d'acier poli, qui l'écraſent & l'applatiſſent en forme de lame fort mince, dont on enveloppe enſuite un fil de ſoie pour l'uſage des différentes fabriques. Dans l'opération des rouleaux, le trait s'étendant en longueur & en largeur, devient plus long encore d'un *ſeptieme* : ainſi, au lieu de 97 lieues que nous avons compté pour ſa longueur, il faut compter 111 lieues.

IV°. La dorure qui enveloppe le fil applati, doit être conſidérée comme une double lame d'or, appliquée ſur la double ſurface de la lame d'argent : chacune de ces lames d'or ayant 111 lieues, les deux enſemble auront 222 lieues.

V°. Le trait, en s'écraſant ſous les rouleaux d'acier, prend la largeur d'environ un *huitieme* de ligne; largeur qui ſe diviſe facilement en deux portions ſenſibles. Le trait pourra donc être diviſé dans toute ſa longueur en deux petites lames, dont chacune aura ſa double enveloppe d'or : par conſéquent, au lieu de deux lames d'or, il en faudra compter quatre, qui égaleront en longueur 444 lieues.

VI°. En ſuppoſant du fil le plus légérement doré, voilà donc une once d'or, convertie en quatre lames, dont la ſurface viſible a 444 lieues d'étendue. En multipliant les lieues par 2000 toiſes, les toiſes par 6 pieds, les pieds par 12 pouces, les pouces par 200 parties que l'œil diſcerne aiſément dans la longueur d'un pouce; vous aurez donc une once d'or étendue & di-

(*) Du mot *trahere*, étendre, filer : *tractum*, filé.

viſée en 888,000 toiſes; en 5,328,000 pieds; en 63,936,000 pouces; en 12,787,200,000 parties viſibles.

VII°. Mais ſi l'on fait attention que la petite lame d'or qui couvre de part & d'autre la lame d'argent, n'eſt vue que dans ſa ſurface extérieure, & qu'elle pourroit être vue également dans ſa ſurface intérieure, appliquée ſur l'argent; on conçoit que le nombre précédent de parties ſenſibles en elles-mêmes, que donne cette once d'or, pourroit être encore augmenté de moitié: comme le nombre de parties ſenſibles d'une feuille d'or battu, devient double à raiſon de ſa double ſurface.

25. COROLLAIRE. Si les artiſtes humains, armés de leurs inſtruments groſſiers, peuvent opérer une ſi prodigieuſe diviſion dans la matiere, à quelle diviſion ne pourra pas la porter l'Artiſte ſuprême, qui, pour agir, n'a qu'à vouloir, à qui tout ce qui ne répugne pas eſt aiſément poſſible!

26. REMARQUE. Le même méchaniſme qui convertit en feuilles & en fil l'or & l'argent, convertit également en fil & en feuille le fer & le cuivre. L'or, l'argent & le cuivre, ſont les trois métaux qu'on emploie pour la dorure.

Les doreurs.

27. DÉFINITION. La dorure eſt l'art d'appliquer une couche d'or extrêmement mince, à la ſurface de differens corps, pour leur donner toutes les apparences extérieures de ce précieux métal. L'or deſtiné à la dorure doit être réduit, ou en feuilles, ou en parties très-fines.

B iv

Vraie dorure.

28. DESCRIPTION. La vraie dorure se fait ou avec des feuilles d'or, ou avec de la poudre d'or, qu'on applique en différentes manieres sur la surface des corps auxquels on veut donner l'éclat & la beauté de ce métal. Voici quelques-unes de ces manieres de donner la dorure.

I°. L'or s'unit très-bien par le simple contact, avec les substances métalliques qui sont ductiles comme lui, & avec lesquelles il a une grande affinité. On l'applique en feuille sur la surface bien polie & bien nétoyée du métal qu'on veut dorer, par exemple, de l'argent ou du cuivre; & à l'aide d'un certain degré de chaleur, & du frottement qu'on fait avec une pierre hématique qu'on nomme *pierre sanguine*, on fait adhérer parfaitement l'or à la surface du métal. Cette parfaite adhérence vient de ce que les parties réciproques de ces deux substances ductiles, en vertu de leur affinité, & par le moyen de la chaleur & de la pression, s'insinuent facilement dans leurs pores respectifs, & se lient les unes aux autres comme par une infinité de petits clous imperceptibles, que le refroidissement & la ductilité des deux substances applique intimément aux concavités qui les hapent & qui se referment sur ce qu'elles ont saisi.

II°. Comme l'or en poudre s'attache & adhere au mercure, & s'amalgame avec lui; on fait de ce mêlange, ou de cet *amalgame* d'or & de mercure, une pâte dont on enduit le métal qu'on veut dorer: on chauffe ensuite le métal assez pour faire évaporer le mercure. L'or s'at-

tache & adhere au métal : & on le brunit, en le frottant ou le polissant avec la pierre sanguine.

III°. On fait dissoudre une petite quantité d'or dans de l'eau régale ; on imbibe des linges, de cette dissolution d'or ; on les fait brûler, & on en garde la cendre qui est toute noire. Cette cendre, frottée avec de l'eau à la surface d'une lame ou d'une feuille d'argent, par le moyen d'un chiffon, ou même avec les doigts, y laisse les molécules d'or qu'elle contient, & qui y adherent très-bien. On lave la lame ou la feuille d'argent, pour ôter la partie terreuse de la cendre ; & en la polissant avec la pierre sanguine, on lui donne facilement, & à très-peu de frais, une fort belle couleur d'or. Telle est la dorure d'une foule de bijoux de grande apparence & de peu de valeur.

IV°. On applique aussi l'or, mais avec beaucoup moins d'adhérence, sur des cristaux, sur des porcelaines, sur d'autres matieres vitrifiées & bien polies : on les expose à un certain degré de chaleur, & ensuite on les brunit légérement pour leur donner leur éclat. Dans ces opérations, la chaleur ouvre & dilate les pores des surfaces polies auxquelles la feuille d'or est appliquée ; & la petite pression de la dent qui les polit, fait que la feuille d'or, en vertu de sa ductilité, s'insinue dans les pores de ces substances comme par une infinité de petits coins, s'y fixe & s'y attache à mesure que la chaleur cesse & que les pores se resserrent. L'adhérence de l'or à ces substances vitrifiées, est incomparablement moins grande que l'adhérence de l'or aux substances métalliques : soit parce que la pression qui

unit l'or aux ſubſtances vitrifiées, eſt néceſſairement beaucoup plus foible ; ſoit parce que la ductilité qui doit cimenter cette union, n'étant pas réciproque, les ſubſtances vitrifiées ne s'étendent pas pour ſaiſir & envelopper les petits clous d'or qui pénetrent dans leurs concavités; ſoit enfin & principalement parce que l'or n'a pas avec ces ſubſtances vitrifiées, l'affinité néceſſaire pour l'unir & l'attacher intimément à elles.

V°. Comme l'or ne s'unit pas par le ſimple contact aux ſubſtances non-métalliques, & que pluſieurs de ces ſubſtances, fort hétérogenes dans leur nature, ne peuvent jamais prendre des ſurfaces bien polies & d'une ſolidité bien égale, capable de réſiſter par-tout uniformément à la preſſion de la dent; ſans quoi la feuille d'or ſe déchire, au lieu de s'étendre : pour appliquer l'or à ces ſortes de ſubſtances, par exemple, à la pierre & au bois, on eſt obligé d'en enduire la ſurface de pluſieurs couches de quelque ſubſtance tenace & collante, qui happe & qui retienne l'or. Ces ſortes de ſubſtances tenaces & collantes s'appellent en général des *mordants*. C'eſt ſur ces mordants qu'on applique l'or en feuille ou en poudre; & quand le tout eſt aſſez ſec, on le polit avec une dent de loup, ce qui s'appelle le *brunir*.

Fauſſe dorure.

29. DESCRIPTION. La fauſſe dorure eſt celle dans laquelle on n'emploie pas réellement l'or, ou dans la compoſition de laquelle l'or n'entre pour rien.

I°. Telle eſt la couleur d'or qu'on donne au

cuivre jaune & à l'argent, en appliquant ſur ces métaux, un *vernis jaune-doré*, lequel étant tranſparent laiſſe appercevoir tout leur brillant. On fait beaucoup d'ornemens de cuivre, vernis de cette maniere, & qu'on appelle en *couleur d'or*, pour les diſtinguer de ceux qui ſont véritablement dorés.

II°. Ce qui paroît feuille d'or ſur preſque tous les cuirs dorés, n'eſt que feuille d'argent, à laquelle on donne la couleur de l'or, par le vernis jaune-doré dont on vient de parler.

III°. Les papiers dorés doivent leur apparente dorure à des feuilles de cuivre battu, qu'on leur rend adhérentes par le moyen de certaines colles qui hapent ce cuivre & l'uniſſent au papier.

30. REMARQUE. L'art en filant les métaux, comme on vient de l'expliquer, imite la nature, ſans s'en appercevoir. Le *ver à ſoie* a une filiere naturelle, par laquelle il moule ce fil précieux dont il fait ſa coque. Ce fil eſt d'une telle fineſſe, que trois cents aunes qui en furent meſurées, ne peſerent que deux grains & demi : de ſorte qu'il n'en faut rien moins que 69120 aunes pour faire le poids d'une once. Le fil de l'*araignée*, dont on eſt venu à bout de faire des gands aſſez ſolides & très-moëlleux, ſe forme par un ſemblable méchaniſme : il excede incomparablement en fineſſe, le fil du ver à ſoie. L'un & l'autre, en ſortant de la filiere de l'animal, n'eſt qu'un ſuc viſqueux, qui ſe durcit à l'air, comme le mortier & la terre graſſe, par la diſſipation des parties humides qui s'évaporent, & par l'union plus intime des parties ſolides qui ſe rapprochent.

SECONDE DÉMONSTRATION.

La diffusion des odeurs.

31. EXPÉRIENCE. Soit une petite cassolette de verre ABD, en partie pleine d'une liqueur odorante, comme de l'eau de fleur d'oranges, ou de l'esprit de vin chargé de lavande : posez cette cassolette, ou sur quelques petits charbons ardens, ou sur une petite lampe allumée. (*fig.* 2.).

EFFETS. Quand la liqueur s'échauffe & commence à bouillir, on voit sortir par le bec D de la cassolette, une vapeur abondante qui se fait sentir dans tous les points d'une chambre ; sans qu'il paroisse aucune diminution sensible dans le volume de la liqueur, quand l'expérience cesse après deux ou trois minutes.

32. EXPLICATION. La vapeur que l'œil voit sortir du bec de la cassolette, & qui porte son odeur dans toute la chambre, n'est rien autre chose que la partie la plus évaporable de la liqueur, que l'action du feu a séparée de la masse, & qu'il a élancée dans toutes les parties de la chambre en particules extrêmement divisées. Ces particules, malgré le peu de diminution qu'elles causent au volume qu'elles ont quitté, se trouvent en assez grand nombre dans tous les points sensibles de la chambre, pour y faire par-tout une impression bien nette & bien caractérisée sur les fibres de l'odorat ; sur quoi voici quelques réflexions à faire.

I°. Combien immense doit être le nombre des particules évaporées ! Supposons que la chambre, assez petite, ait seulement en nombre

ronds 15 pieds en longueur, en largeur & en hauteur : il y aura 3375 pieds cubes d'air. Un pied quarré contenant 20736 lignes quarrées, un pied cube contiendra 429,981,696 lignes cubes, qui multipliées par les 3375 pieds cubes d'air que contient la chambre en queſtion, donneront 1,451,188,224,000 lignes cubes pour cette chambre. Suppoſons encore (pour mettre en tout les choſes au pis) que la liqueur évaporée ſoit de deux lignes cubes, & qu'il n'y ait dans chaque ligne cube d'air que quatre particules odorantes : pour avoir le nombre de particules odorantes qu'ont donné ces deux lignes cubiques de liqueur évaporée, il faudra multiplier par quatre le dernier nombre précédent. Voilà donc deux lignes cubes de liqueur, diviſées aſſez également en 5,804,752,896,000 parties.

II°. Mais ce qui fait l'odeur ſenſiblement répandue dans cette chambre, n'eſt que la moindre partie de ce qui s'eſt évaporé. Car dans une liqueur odorante, il faut diſtinguer les parties propres du liquide, des parties dont il eſt parfumé, leſquelles ſont en quantité bien moins conſidérable. Suppoſons donc (ce qui eſt beaucoup trop) que la partie odorante ſoit le quart de la partie du liquide évaporé : le quart de deux lignes cubiques évaporées, ſera une demi-ligne cubique, diviſée en 5,804,752,896,000 parties.

III°. Mais cette demi-ligne cubique de liquide odorant, évaporée & répandue aſſez également dans toute la chambre, n'étoit pas toute de matiere avant l'évaporation : elle avoit, comme tous les corps liquides & ſolides, ſes pores & ſes vuides, qui diminuent encore beaucoup ſa maſſe poſitive ou ſa quantité abſolue

de matiere. L'or, par exemple, qui a lui-même une quantité considérable de pores ou de vuides, n'est dix-neuf fois & demi plus pesant que l'eau, que parce que l'or, à égalité de volume, renferme dix-neuf fois & demi plus d'éléments de matiere que l'eau. Donc en supposant que l'or soit tout matiere, ou que l'or n'ait point de pores & de vuides; un liquide égal en poids à l'eau, auroit encore environ vingt fois plus de vuide que de plein, ou vingt fois plus d'étendue vuide & pénétrable, que d'étendue impénétrable & solide. Supposons donc la liqueur contenue dans la cassolette, égale à l'eau en densité & en poids : la demi-ligne de matiere odorante, répandue dans la chambre, ne seroit en somme réelle & positive, qu'environ la vingtieme partie d'une demi-ligne cubique de matiere sans pores & sans vuides.

IV°. Une demi-ligne cubique de matiere, divisée en vingt portions égales, n'auroit guere pour chaque division, que le volume d'un petit grain de sable. Voilà donc une quantité de matiere, qui réunie n'égaleroit que le volume d'un grain de sable, divisée par l'action du feu, en 5,804,752,896,000 parties ! Quelle inconcevable ténuité doivent donc avoir ces particules odorantes, & quelle doit être la finesse & la mobilité des fibres de notre odorat, pour en être sensiblement affectées & ébranlées ! Qu'il est grand & admirable dans ses œuvres, cet Artiste adorable, qui forme & ces éléments pour nos organes, & nos organes pour ces éléments !

Corps odorans.

33. Application I. La diffusion des odeurs

s'opere naturellement dans les fleurs, dans les plantes, dans les fruits, dans les animaux, dans tous les corps odoriférans, par un méchanisme assez semblable à celui de la cassolette dont nous venons parler. Une fermentation intérieure, occasionnée ou par le feu élémentaire qui se trouve répandu dans toute la nature, ou par la chaleur vivifiante du soleil qui donne l'action & le mouvement à tout ce qui vit & végete, ou par quelque autre cause qui varie selon la nature du sujet où elle agit, fait dans le corps odorant, par exemple, dans une rose, dans un grain de musc, dans un corps qui se corrompt, ce que fait la chaleur du feu sur le liquide renfermé dans la cassolette A B; c'est-à-dire, que cette fermentation occasionne dans cette rose ou dans ce grain de musc, ou dans ce corps qui se corromp, par la voie des pores dont ils abondent, une évaporation invisible, mais réelle & permanente, assez semblable à celle que l'œil apperçoit à l'orifice D de la cassolette posée sur la lampe allumée; évaporation qui entraîne, comme dans la liqueur dont on vient de parler, & des parties odorantes, & des parties non adorantes, lesquelles vont se répandre & se mêler à une plus ou moins grande distance, & à une plus ou moins grande hauteur, dans la masse de l'air environnant. De ces principes, également incontestables & sensibles, découle l'explication de plusieurs phénomenes.

I°. Un chien suit son maître ou suit le gibier, en appliquant de tems en tems son nez sur les voies où ils ont passé: parce qu'il y a & dans l'homme & dans le gibier une fermentation constante, laquelle fait jaillir par leurs pores un

torrent continuel de corpuſcules imperceptibles, qui s'attachent plus ou moins perſévéramment à leurs traces, que l'odorat infiniment fin du chien démêle & diſtingue, & qui dirigent le chien dans la recherche & dans la pourſuite ou de ſon maître ou du gibier.

II°. Il y a des corps odorans, qui après un certain tems plus ou moins long, perdent leur odeur : ſoit parce que leurs particules évaporables s'épuiſent aſſez promptement ; ſoit parce que la fermentation qui doit occaſionner l'évaporation, ceſſe & s'arrête ou abſolument ou plus ou moins périodiquement.

III°. Il y a d'autres corps odorans, qui conſervent conſtamment & perſévéramment leur odeur : parce que leur fermentation, ſenſible ou inſenſible, eſt conſtante & permanente ; & que les particules qui s'exhalent, étant d'une petiteſſe inconcevable, ſuffiſent à une très-longue & très-durable évaporation. Tel eſt un *grain de muſc*, dont l'odeur ſe fait ſentir pendant vingt ans d'une maniere incommode, dans un appartement où l'air ſe renouvelle tous les jours, ſans qu'après vingt ans on s'apperçoive d'aucune diminution bien ſenſible ou dans ſon poids ou dans ſon volume. Suppoſons que ce grain de muſc ſe trouve pendant vingt ans dans la même chambre que la caſſolette dont nous venons de calculer les parties évaporées, & qu'il faille un jour entier pour que l'air renouvellé ſoit imbu bien ſenſiblement de ſon odeur. Pour avoir la ſomme des parties évaporées du ſein de ce grain de muſc, il faudra multiplier le nombre trouvé des parties de la liqueur échappée de la caſſolette (ou 5,804,752,896,000) par vingt fois 365 jours :

jours : ce qui donnera 42,374,696,140,800,000 particules échappées & évaporées du sein de ce grain de musc, sans que la quantité de matiere, qui s'est convertie en ces particules odorantes, diminue sensiblement sa masse. Quel nombre, quelle ténuité dans ces particules odorantes! L'esprit se perd & se confond, en contemplant ces merveilleux phénomenes.

IV°. Parmi les odeurs, il y en a qui flattent, il y en a qui choquent l'odorat. Les odeurs gracieuses sont celles qui occasionnent dans les fibres de l'odorat, un ébranlement auquel est attachée une sensation mentale plus ou moins agréable & flatteuse. Les odeurs disgracieuses sont celles qui occasionnent dans les fibres de l'odorat, un ébranlement qui doit faire naître une sensation mentale plus ou moins révoltante & disgracieuse (*Met.* 172, 179). Il ne nous est pas donné d'aller plus avant en ce genre : nous n'avons aucune voie pour découvrir comment & pourquoi telle odeur est propre en elle-même & par la nature de ses corpuscules, à occasionner une sensation déplaisante, plutôt qu'une sensation flatteuse.

V°. La même odeur peut plaire & déplaire à différens sujets, à raison de la diversité de leurs organes. L'odeur de la rose flatte le plus grand nombre de personnes, par l'ébranlement modéré, par le chatouillement délicat, que l'émanation de ses corpuscules produit dans les fibres de leur odorat. D'autres personnes, dont l'odorat sera composé de fibres plus subtiles, plus mobiles, plus pénétrables, recevront de ces mêmes corpuscules un ébranlement trop violent, des secousses trop tumultueuses, un

engorgement & un déchirement dangereux. L'économie naturelle du cerveau en ſera altérée & troublée ; & l'ame, toujours intéreſſée & toujours attentive au bon état de tout l'individu, en ſera inquiétée & effrayée : & en conſéquence, cette odeur ſera déſagréable & inſupportable à ces perſonnes; parce que le trop violent ébranlement qu'elle occaſionne, la fait juger nuiſible & funeſte.

VI°. Des odeurs qui ont déplu dans un tems plaiſent quelquefois dans un autre ; telles que l'odeur du tabac, que les vapeurs de la biere : ſoit parce que les fibres de l'odorat, qui en ſont les juges en dernier reſſort, changent par elles-mêmes avec le tempérament ; ſoit parce que l'uſage & l'habitude des choſes forment inſenſiblement une nouvelle nature à nos organes ; ſoit enfin parce que quelques-uns de nos jugemens, en genre de ſaveur & d'odeurs, dépendent pour beaucoup de l'imagination, qui effarouchée d'abord ou par certaines apparences révoltantes, ou par certaines impreſſions nouvelles & ſuſpectes, fait naître précipitamment dans l'ame, une averſion pour certains objets ; & qui, déſabuſée enſuite par l'expérience, ſe familiariſe peu à peu & avec des ſenſations & avec des objets qu'elle avoit fauſſement jugé nuiſibles & funeſtes.

Maladies contagieuſes.

34. APPLICATION II. On conçoit facilement d'après les principes que nous venons d'établir & de développer, comment les maladies contagieuſes ſe communiquent ; comment un peſtiféré, par exemple, placé dans une ville, infecte

toute la ville, & enſuite toute une province & tout un royaume. Il y a dans le peſtiféré une violente efferveſcence, qui occaſionne en lui une permanente émanation de corpuſcules venimeux : (quelle que ſoit la cauſe & la nature de ce venin, propre à ſe communiquer ; myſtere que n'a pas encore pu dévoiler la plus perçante lumiere de la médecine & de la phyſique). Ces corpuſcules venimeux, échappés du ſujet peſtiféré, s'attachent aux meubles, aux alimens, aux perſonnes, aux murs, à toute la maſſe de l'air environnant. Les perſonnes qui reſpirent cette maſſe d'air infectée, admettent dans leurs poumons, par l'inſpiration, une quantité toujours croiſſante de ces corpuſcules ; qui ſe mêlant continuellement avec le ſang & avec les humeurs, & circulant ſucceſſivement dans les diverſes parties du corps, y alterent plus ou moins rapidement les principes de l'économie animale ; y enfantent le même genre de déſordre & de corruption qui leur a donné naiſſance ; y occaſionnent une efferveſcence nuiſible & deſtructrice, féconde à ſon tour en une émanation ſemblable de corpuſcules venimeux, propres à opérer les mêmes effets & les mêmes ravages. Le mal croît & s'étend avec les cauſes qui le produiſent : bientôt quelques ſujets infectés vont en infecter mille & mille autres ; & la contagion devenant de plus en plus commune & générale, s'augmente & ſe fortifie de jour en jour, avec le nombre des malheureuſes victimes qu'elle dévore & qu'elle convertit en nouvelles ſources de corruption & de contagion.

TROISIEME DÉMONSTRATION.

La vie des animalcules imperceptibles.

L'invention des microſcopes a fait découvrir dans la nature un nouveau monde d'êtres vivans & animés, dignes de l'attention & de l'admiration d'un philoſophe. Nous expliquerons dans la théorie de la lumiere (1025), le méchaniſme ſcientifique du microſcope ; méchaniſme qui conſiſte à travailler les verres de telle façon que par leur moyen, un très-petit objet ſe peigne réguliérement dans l'œil ſous un très-grand angle. Nous nous bornerons, pour le préſent, à rapporter & à obſerver les merveilleuſes découvertes que nous devons au microſcope.

PREPARATIFS. Fixez horiſontalement un microſcope ſolaire au trou d'un volet de fenêtre; en telle ſorte que la chambre étant bien fermée, les rayons ſolaires qui tombent ſur le miroir placé en dehors, ſe réfléchiſſent ſur l'objectif & ſur la lentille du microſcope, & ſe dirigent par l'intérieur du même microſcope contre le mur oppoſé, qui doit être bien blanchi, ou couvert d'un très-grand carton blanc.

35. EXPERIENCE I. Mettez ſur le porte-objets, un peu de cette pouſſiere qui ſe forme ſur le fromage ſec, ſans en faire un tas trop denſe, capable d'empêcher le paſſage de la lumiere; & placez le porte-objets, qui doit être d'un verre très-mince & très-net, au point convenable, dans une direction parallele à l'objectif & à la lentille.

EFFETS. Vour verrez peinte ſur le mur, ou ſur le carton, une fourmilliere d'animaux de même eſpece, vivans & animés, dont quelques-uns

pourront vous paroître environ le double plus gros que les plus groſſes grenouilles. Vous obſerverez diſtinctement leur figure, leur tête, leurs principaux membres, les poils épars dont ils ſont hériſſés, leur marche ou leur maniere de ſe mouvoir. Vous compterez leurs pattes; vous diſtinguerez leurs diverſes articulations; vous appercevrez juſqu'à la circulation interne de leurs humeurs.

EXPLICATION. Cette pouſſiere du fromage, où l'œil le plus perçant ne découvre rien de vivant & d'animé, eſt compoſée & de *petits animaux* tous ſemblables & tous de même eſpece, qu'on appelle *mites*, & de *petits corpuſcules* animés & irréguliers qui paroiſſent être ou les alimens, ou les excrémens de cette petite république. On ne trouve dans cette pouſſiere qu'une ſeule eſpece d'animalcules : ſans doute parce que cette nourriture, propre à cette eſpece, ne convient à aucune eſpece différente d'animalcules imperceptibles à l'œil ſimple.

36. EXPERIENCE II. Mettez ſur le porte-objets, une très-petite goutte d'une eau puiſée dans quelque marre, où croiſſent des plantes aquatiques; ou d'une eau dans laquelle vous aurez mis du foin, de la paille, des fleurs de diverſe eſpece, des parties de plantes quelconques, & & que vous aurez laiſſé expoſée huit à dix jours à l'air libre, pendant un tems chaud, mais à l'ombre.

EFFETS. Cette goutte d'eau ira ſe peindre ſur le mur ou ſur le carton, comme un petit étang, où vous verrez nager une foule d'animaux aquatiques de diverſe figure & de diverſe nature, bien caractériſés dans leurs eſpeces. Les uns aſſez

ſemblables à de petites boules, s'éloignent en ligne droite, & forment toujours des angles bien marqués, en changeant la direction de leurs mouvemens. Les autres, d'une figure plus ovale & plus alongée, ne font que tournoyer en différens ſens autour d'eux-mêmes. Ceux-là, composés d'anneaux, ſe meuvent d'un mouvement vermiculaire, comme les chenilles ou comme les ſangſues. Ceux-ci étalent & emploient en ſe mouvant, leurs pattes, leurs queues, leurs antennes.

On découvre dans quelques-uns les principaux organes, & la circulation même des humeurs ; & on ne peut pas plus douter de leur vie, qu'on peut douter de la vie des poiſſons ordinaires. Une très-petite goutte d'eau vous préſente quelquefois plus de vingt eſpeces toutes différentes les unes des autres, & dont les individus, tous ſemblables entre eux, ne different que par le plus ou le moins de groſſeur, qui annonce que les uns ſont parvenus & que les autres tendent encore à leur accroiſſement naturel. Pour peu qu'on les obſerve avec attention les uns & les autres, on va même juſqu'à découvrir la cauſe finale de leurs mouvemens; car on en voit qui dévorent les autres: & on conçoit aiſément que ces petits animaux aquatiques, imitant dans leurs manieres de vivre & d'agir, les diverſes eſpeces de poiſſons que nous offrent la mer, les rivieres, nos étangs, nos viviers, ſe nourriſſent les uns au détriment des autres; & que par conſéquent les uns ſe meuvent pour atteindre leur proie, & les autres pour échapper à leur deſtruction.

37. EXPLICATION. Mais comment ſe trouvent

& se forment ces animalcules aquatiques, dans une eau où l'on a fait infuser des plantes de différente espece? Il est très-vraisemblable que ces animalcules aquatiques, dont fourmillent principalement les bords des marais & des étangs, sont, comme la plupart des poissons, ovipares; & qu'ils font, comme toutes ou presque toutes les especes de poissons, une immense quantité d'œufs, destinés à multiplier & à perpétuer leurs especes. Ces œufs, comme infiniment petits, s'élevent avec les vapeurs de l'eau, à différentes hauteurs de l'atmosphere; d'où, retombant avec les pluies & avec les rosées, ils pénetrent & s'insinuent avec l'eau qui les enveloppe & les voiture, dans les plantes, dans les fleurs, dans les fruits, qui leur offrent des passages analogues à leurs figures. Ces œufs dans le foin, dans la paille, dans les fleurs, dans les plantes quelconques, arrêtés & fixés par les parties brutes de ces substances, entrent dans leur composition, & font partie de leurs constitutifs solides, pendant que la plante subsiste dans son état naturel. Mais la plante vient-elle à se corrompre peu à peu dans l'eau, sous un degré de chaleur convenable? La dissolution de la plante les dégage de leurs prisons: la chaleur & l'humidité leur donnent une fermentation qui les fait heureusement éclorre: ils se convertissent en animalcules de différente espece, comme les œufs des divers poissons se convertissent en ces différentes especes de poissons.

38. EXPERIENCE III. Mettez sur le porte-objets, une goutte d'un vieux vinaigre que vous aurez exposé dans une phiole de verre, huit à dix

jours à l'air libre, pendant un tems chaud, mais à l'ombre.

EFFETS. Sur le mur ou ſur le carton ſe peindra un étang coloré, où vous verrez nager des petits inſectes de même eſpece, ſemblables dans leur figure & dans leurs mouvemens, d'environ un pied de longueur ſur près d'un tiers ou d'un quart de pouce de largeur. On ne voit ici qu'une ſeule eſpece d'animalcules : ſans doute, parce que la vapeur du vinaigre fait périr toutes les autres eſpeces. Si vous verſez dans la fiole de ce vinaigre, une quantité plus ou moins conſidérable de l'eau qui a ſervi pour la ſeconde expérience précédente, vous verrez encore dans le mêlange les mêmes anguilles, mais vous n'y verrez aucune des eſpeces qui vivoient dans l'eau, ou vous n'y verrez tout au plus que leurs petits cadavres; parce que les particules du vinaigre ſont pour elles un poiſon deſtructeur.

39. REMARQUE. On peut faire les mêmes expériences, & on découvre les mêmes effets, à l'aide d'un autre microſcope que le microſcope ſolaire. Il n'y a de différence que dans la grandeur des objets que le microſcope ſolaire fait voir communément plus en grand, mais toujours ſous les mêmes traits & avec les mêmes proportions que les autres microſcopes. Le microſcope ſolaire exige un ciel très-ſerein & un ſoleil très-éclatant.

On peut multiplier & varier à l'infini les expériences en ce genre. Les trois que nous venons de rapporter, ſuffiſent pour établir l'inconcevable diviſion de la matiere dans le regne animal, & pour faire voir que l'Auteur de la nature

ne déploie pas moins de ſageſſe & de puiſſance dans le regne animal qui a ſi long-tems échappé à notre vue, que dans le regne animal qui frappe journellement nos regards.

40. COROLLAIRE. Les membres & les organes que l'œil découvre & obſerve dans ces animalcules, font ſoupçonner & deviner comme à coup ſûr, ceux qui échappent à notre vue & qui ſe refuſent à nos obſervations. Le jugement d'analogie, ſur lequel eſt fondée toute la phyſique (*Met.* 135), ne doit ſûrement à aucun titre être rejetté ou ſuſpecté dans la matiere préſente. Ces animalcules ſont en petit, ce que les autres animaux aquatiques & terreſtres ſont en grand. Ils ont une tête, qui doit être compoſée de peau, de nerfs, de chair, de moëlle, de membranes. Ils ont une bouche, pour ſaiſir, pour ſavourer, peut-être même pour broyer leurs alimens. Ils ont un eſtomac, qui a ſans doute ſes tuniques propres à s'étendre & à ſe contracter, qui doit avoir des ſucs deſtinés à opérer la fermentation & la digeſtion des ſubſtances qui les nourriſſent. Ils ont des inteſtins de différente eſpece & de différente grandeur, pour faciliter & la nutrition & les évacuations. Ils ont ſans doute des yeux deſtinés à les éclairer & à les conduire, ſoit pour ſe procurer la nourriture qui leur convient, ſoit pour ſe ſouſtraire aux eſpeces ennemies qui les menacent. Ils ont enfin des veines, des arteres, un ſang, ou des humeurs qui font la fonction du ſang, pour entretenir dans eux le mouvement & la vie. Quelle inconcevable petiteſſe dans les parties comme infiniment petites, d'un tout déja comme infiniment petit!

En ſuppoſant que les molécules du ſang ou des humeurs des plus petits animalcules qu'on découvre avec le microſcope, ſont aux molécules du ſang ou des humeurs du corps humain, comme le corps de ces animalcules eſt au corps humain : le philoſophe Keil, Anglois de nation, a trouvé par le calcul qu'un volume du ſang ou des humeurs de ces animalcules, égal au volume d'un grain de ſable à peine viſible, contiendroit plus de parties, que dix mille deux cents cinquante-ſix des plus hautes montagnes de la terre ne contiendroient de grains de ſable viſibles.

QUATRIEME DÉMONSTRATION.

La diffuſion de la lumiere.

41. EXPERIENCE. Dans une nuit calme & ſous un ciel ſerein, placez au haut d'une tour ou d'un clocher, une bougie allumée, de ſix à la livre : on la verra d'une diſtance de deux lieues.

EXPLICATION. On voit la ſurface ſupérieure de la bougie, devenue liquide, monter ſans ceſſe en petit torrent dans la meche enflammée, & ſe convertir ſucceſſivement en particules ignées & lumineuſes, qui s'élancent en tous ſens avec une inconcevable vîteſſe. La petite quantité de cire qui ſe conſume à chaque inſtant, ſe diviſe en particules lumineuſes, leſquelles ſe diſtribuent ou ſe diſtribueroient dans toute la capacité d'une ſphere de quatre lieues de diametre ; en telle ſorte qu'il n'y a ou qu'il n'y auroit aucun point ſenſible dans cette ſphere, où l'œil placé ne fût ébranlé par des particules élancées du ſein de

cette bougie allumée. Quel nombre immenſe de points ſenſibles dans la capacité d'une telle ſphere ! En quelle innombrable multitude de particules comme infiniment petites, doit donc être diviſée la très-petite portion de cire qui ſe répand & ſe diſtribue à chaque moment, d'une maniere ſenſible, dans tous ces points !

Le docteur Neuwentiit a trouvé par le calcul, qu'il ne ſe conſume par ſeconde, dans cette bougie allumée, qu'une quantité de cire égale en poids à la quatorzieme partie d'un grain (ce qui fait environ la huit millieme partie d'une once) ; & que cette huit millieme partie d'une once de cire, qui ſe conſume en une ſeconde, produit dans chaque ſeconde un nombre de particules lumineuſes qui ſurpaſſeroit le nombre de petits grains de ſable que renfermeroient 100,000,000,000,000 globes, égaux en maſſe & en volume au globe terreſtre.

Corps lumineux.

42. APPLICATION. Tous les corps lumineux produiſent & répandent la lumiere par un méchaniſme aſſez ſemblable à celui de la bougie allumée dont nous venons de parler. C'eſt toujours une effervefcence inteſtine, quelle qu'en ſoit la cauſe & la nature, qui diviſe, qui épure, qui met en mouvement, qui fait jaillir en torrens, les corpuſcules lumineux par leſquels eſt frappé ou directement ou par réflexion l'organe de notre vue.

I°. Le bois, les huiles, les graiſſes, ſont comme des magaſins ou des réſervoirs, où une plus abondante quantité de matiere lumineuſe eſt

arrêtée & fixée par les parties brutes de ces ſubſtances; juſqu'à ce que l'impétueuſe action du feu, la dégageant des priſons qui la captivent, & la dépouillant des entraves qui l'embarraſſent, imprime à ſes molécules, épurées & ſimplifiées, une vîteſſe comme infinie dont elles ſont ſuſceptibles.

II°. Les *vers luiſans* ont dans leurs corps des réſervoirs de ſubſtances huileuſes, qui, éprouvant une permanente fermentation, font jaillir par leurs pores des torrens continuels de molécules lumineuſes, que la nutrition répare à meſure & à proportion que l'évaporation les diſſipe. Par un méchaniſme aſſez ſemblable, certains bois qui, en ſe pouriſſant, acquierent le dernier degré de la férmentation, deviennent lumineux; parce qu'ils dardent de leur ſein, ainſi que les vers luiſans, des torrens permanens de matiere ignée & lumineuſe, que dégage & diſſipe la fermentation.

III°. Des exhalaiſons qui fermentent ou s'enflamment dans l'atmoſphere, font jaillir en tout ſens des torrens de molécules lumineuſes, qui donnent naiſſance à une foule de météores dont nous parlerons ailleurs.

IV°. Le ſoleil & les étoiles doivent avoir auſſi dans leur ſein d'exceſſives effervefcences, fécondes en cette émanation conſtante de particules lumineuſes qui viennent à des diſtances immenſes ébranler les fibres de notre œil, & nous avertir de leur exiſtence. Nous verrons dans la ſuite que les pertes que font les aſtres en ce genre, ne doivent ni les épuiſer, ni les appauvrir ſenſiblement : parce que la quantité de matiere que diſſipe leur permanente irradia-

tion, eſt très-peu conſidérable en elle-même; & que la perte plus ou moins conſidérable qu'ils font ſans ceſſe, eſt ſans ceſſe réparée à peu près à égalité. (860.)

43. RÉSULTAT. Il conſte par les quatre différentes démonſtrations qui viennent d'être établies & developpées, que la matiere a réellement une diviſion qui paſſe toute notre intelligence; ou que les éléments de la matiere ſont d'une tenuité inconcevable à l'eſprit humain. C. Q. F. D.

44. COROLLAIRE. Il ſuit de là que *lorſque l'explication des phénomenes de la nature, exigera qu'on ſuppoſe les éléments de la matiere d'une inconcevable ténuité, on ne ſuppoſera rien qui ne ſoit évidemment conſtaté & démontré par l'expérience.*

ARTICLE TROISIEME.

DIVISIBILITÉ DE LA MATIERE.

L'INCONCEVABLE diviſion de la matiere, que nous venons d'expoſer & de démontrer, ſuffit abondamment pour l'explication des divers phénomenes de la nature, qui l'annoncent & la ſuppoſent: mais elle ne prouve rien encore, en faveur de la diviſibilité à l'infini. Si la matiere eſt diviſible à l'infini; à quelque extrême petiteſſe que l'on ſuppoſe réduit par la diviſion un élément de matiere, il y a toujours l'infini de différence entre la diviſion effectuée & la diviſion poſſible: il n'y a donc aucune induction à faire de l'une à l'autre.

Le continu.

44. DÉFINITION. On appelle *continu* un aſſemblage d'éléments unis, quelle qu'en ſoit & la nature & la maſſe. Tel eſt un bloc de marbre; tel eſt un grain de ſable; telle eſt une goutte d'eau. Un ſeul élément, ſimple dans ſon être, ou ſans aucune compoſition de parties (s'il y a de tels éléments dans la nature) ne fait pas un continu.

45. OBSERVATION. Tous les philoſophes éclairés s'accordent à reconnoître que la matiere qui forme *un continu*, ne peut être diviſée par des agens créés que juſqu'à un certain terme, au-delà duquel elle ceſſe d'être en priſe à tous les efforts qu'on feroit pour porter plus loin la diviſion: ſoit que les molécules primitives qui la compoſent, ſoient des ſubſtances abſolument ſimples dans leur nature; ſoit que le Créateur, dont l'efficace volonté fait la nature ce qu'elle eſt, ait voulu & décerné que ces molécules primitives, compoſées d'un nombre fini ou infini de particules diſtinctes, fuſſent perſévéramment & inſéparablement unies en un même tout indeſtructible.

L'état de la queſtion préſente conſiſte donc uniquement à décider ſi ces molécules primitives, principes des corps étendus & ſenſibles, ſont diviſibles à l'infini en elles-mêmes; enſorte qu'une puiſſance infinie puiſſe éternellement les partager en moitiés, en quarts, en centiemes, en millioniemes, & ainſi de ſuite à l'infini, ſans parvenir jamais à un terme de diviſion, où la diviſion ceſſe d'être ultérieurement poſſible en elle-même dans les parties diviſées.

Raiſon humaine, ceſſe d'imputer à la ſeule obſcurité des myſteres de la religion, des ténebres qui t'irritent & qui te révoltent à tort contre elle! Voici une matiere où il t'eſt permis de donner un libre eſſor à toute ton activité; où tu n'es gênée & captivée par le voiſinage d'aucun dogme de la religion; où la choſe à connoître eſt expoſée autant qu'il eſt poſſible à tes idées, à tes jugemens, à tes raiſonnemens, à tes ſenſations, à toute la ſphere de ton intellectivité! Depuis près de trois mille ans que tu t'efforces de décider, *ſi un grain de ſable eſt diviſible à l'infini*, quelle lumiere bien aſſurée & bien triomphante t'es-tu procurée en ce genre? Dans quel épais nuage, dans quel inextricable labyrinthe ne te vois-tu pas abîmée & enveloppée, quelque parti que tu prennes, après les plus profondes méditations ſur une matiere qui paroît ſi fort à ta portée! Reconnois donc que les ténebres qui t'humilient, ont leur germe & leur ſource dans ta propre nature, dans les bornes étroites de ta foible intelligence. Ceſſe de t'offenſer des nuages attachés aux ſublimes myſteres de la religion, dont l'objet eſt ſi loin de ta ſphere, en voyant que dans une matiere qui ſemble ſi fort à ta portée, l'abſurde paroît toujours placé à côté de l'évidence, & que la vérité que tu t'efforces de découvrir, ou échappe obſtinément à tes recherches, ou ne ſe montre à toi que ſous un jour obſcur & nébuleux.

La diviſibilité de la matiere ou du continu, enviſagée ſous le point de vue que nous venons d'indiquer, eſt une queſtion de pure curioſité, dont la théorie de la nature eſt aſſez indépendante. Elle n'a pas laiſſé de réveiller & d'exciter

dans tous les ſiecles l'attention des plus beaux génies, qui tous, ou preſque tous ont pris parti pour ou contre. Les idées & les opinions de ces hommes célebres méritent l'attention de tout eſprit philoſophe.

PARAGRAPHE PREMIER.

SENTIMENS CONTRE L'INFINIE DIVISIBILITÉ.

Les points zénoniques.

46. SENTIMENT I. Le fondateur de la ſecte ſtoïcienne, le célebre Zenon ſe déclara contre l'infinie diviſibilité de la matiere. Le continu, ſelon Zenon, n'eſt diviſible que juſqu'à ce qu'on parvienne par la diviſion, à certaines *parties inétendues & indiviſibles*, dont le nombre eſt fini dans tout continu. Quand, par la diviſion, on eſt arrivé à ces parties inétendues & indiviſibles, une ultérieure diviſion ceſſe d'être poſſible en elle-même : parce que cette matiere n'a plus de parties qui puiſſent ſe ſéparer. Ces parties inétendues & indiviſibles, principes primitifs de tous les corps dont par leur réunion elles forment l'étendue, c'eſt ce que les ſectateurs de ce philoſophe ont nommé *points zénoniques* ou *points phyſiques*.

47. REMARQUE. Il ne faut point confondre le point zénonique avec le point mathématique. Le point *zénonique*, s'il exiſte, eſt un élément déterminé de matiere, qui exclud poſitivement toute étendue, toute compoſition, toute multiplicité de parties : le point *mathématique* eſt une infiniment petite poſition de matiere, étendue

ou

ou inétendue, que l'on confidere ou comme l'origine ou comme le terme de quelque dimenſion du corps à meſurer. Le point zénonique eſt eſſentiellement incompatible avec la moindre étendue, qui détruit ſa nature : le point mathématique ſubſiſte avec une étendue infiniment petite, qui ne déroge en rien aux démonſtrations qu'il fonde. S'il eſt démontré que tout élément de matiere eſt étendu & compoſé de parties, toute la théorie des zénoniſtes échoue ; toute la théorie des mathématiciens ſubſiſte : parce que les premiers ont pour objet d'établir l'inétendue réelle & abſolue des points phyſiques ; & que les derniers ſe bornent à établir leurs démonſtrations & leurs calculs, qui ſont indépendans de l'étendue & de l'inétendue des points mathématiques. Le zénoniſte exclut formellement de ſes points, l'étendue ; le mathématicien, en concevant ſes points, ſe borne à faire abſtraction de l'infiniment petite étendue qu'ils peuvent avoir : les raiſons qui foudroient le premier, n'attaquent donc en rien le ſecond.

48. ASSERTION. *Il n'eſt point vraiſemblable que les corps ſoient compoſés de points zénoniques.*

DÉMONSTRATION I. L'étendue d'un continu quelconque, par exemple, d'un bloc de marbre, naît évidemment de la nature & de la réunion des parties qui le compoſent : donc ces parties ont une étendue ; donc ces parties ne ſont pas inétendues. Je démontre la conſéquence. Il eſt évident qu'une négation ou une privation d'étendue, ajoutée un million de fois, une infinité de fois, à une négation ou à une privation d'étendue, ne peut point former une étendue :

comme un nombre quelconque de négations ou de privations d'être, ajoutées à l'infini les unes aux autres, ne peut pas constituer un être; comme un nombre quelconque de négations ou de privations d'or & d'argent, ajoutées & accumulées à l'infini, ne peut pas produire une masse d'or ou d'argent. Donc un nombre quelconque de points zénoniques, dont chacun a la négation ou la privation d'étendue, attachée & inhérente à sa nature, ne peut pas former une étendue. Donc l'étendue de ce continu ou de ce bloc de marbre, ne résulte point d'un nombre fini ou infini d'éléments sans étendue : donc les éléments, qui par leur nature & par leur réunion forment l'étendue de ce continu ou de ce bloc de marbre, ont nécessairement chacun en soi une petite étendue réelle & positive : donc ces éléments, dont la somme réunie forme & constitue l'étendue totale de ce bloc de marbre, ne sont pas des points zénoniques sans aucune étendue. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION II. Représentez-vous par la pensée un élément de matiere d'une petitesse quelconque, d'une petitesse mille millions de fois moindre que celle que voudra lui supposer un sectateur quelconque de Zénon : vous concevez que cet élément a encore plusieurs faces, dont l'une n'est pas l'autre; dont l'une regarde l'orient, l'autre le couchant, celle-là le zenith, celle-ci le nadir. Donc, à quelque division que l'on suppose portée une portion de matiere, on conçoit encore dans chacun de ses éléments divisés, plusieurs faces ou plusieurs parties dont l'une n'est pas l'autre. Donc, en vertu du principe fontamental de toutes les sciences, qui veut

que l'on affirme des choſes ce que l'eſprit conçoit néceſſairement dans les choſes (*Met.* 154), on doit affirmer du plus petit élément de matiere que l'eſprit puiſſe concevoir dans la nature, une multiplicité de parties : donc il eſt faux qu'il y ait dans la nature des éléments de matiere ſans étendue & ſans parties. C. Q. F. D.

49. REMARQUE. Dire avec un philoſophe moderne, que quoique l'on conçoive toujours dans les éléments de la matiere, & une étendue & une multiplicité de parties, il ne s'enſuit pas que ces éléments ſoient tels en eux-mêmes ; c'eſt, ce me ſemble, heurter & renverſer le principe fondamental de toutes les ſciences. J'aimerois autant dire que, quoique l'on conçoive toujours la partie moindre que le tout, il ne s'enſuit pas que la partie ſoit en elle-même moindre que le tout.

Les Monades de Leibnitz.

50. SENTIMENT II. Leibnitz rêvoit quelquefois, ainſi que Deſcartes : mais les rêves du premier, ainſi que ceux du ſecond, étoient toujours les rêves du génie, plus ſublimes & plus intéreſſans que les fades & rampantes veilles des hommes du commun. C'eſt ſans doute dans un de ces rêves ſublimes, que Leibnitz enfanta ſon ſyſtême des *monades* (4) ; ſyſtême qui dut probablement ſon origine au goût dominant de ce philoſophe, pour ce beau principe philoſophique qu'il vouloit appliquer à tout : ſavoir, que *rien ne ſe fait*, que *rien ne doit être affirmé*, *ſans une raiſon ſuffiſante.*

Pour rendre généralement raiſon de tout dans

la nature, Leibnitz conçut la nature entiere ſous l'idée d'un aſſemblage infini de monades ou de ſubſtances iſolées, qu'il ſuppoſe en elles-mêmes & dans leur être primitif, *ſimples* & ſans aucune compoſition, *inétendues* & ſans aucune dimenſion, *diſſemblables* & ſans aucune égalité de perfection, *actives* ou capables d'action & de mouvement, *repréſentatives* ou propres à ſe retracer & à ſe concevoir les unes les autres.

C'eſt d'après cette idée, ou d'après ce petit nombre de ſuppoſitions & de demandes, que l'auteur des monades entreprend de porter le flambeau philoſophique ſur tous les grands phénomenes de la nature. Tout eſt monade, ſelon Leibnitz. Dieu eſt une monade, monade éternelle & increéée, à laquelle toutes les autres doivent leur exiſtence. L'ame humaine eſt une monade; monade ſpirituelle, plus parfaite, plus repréſentative, plus intelligente que toutes les monades matérielles. L'ame des brutes eſt une monade; monade immatérielle, capable de ſentiment & de quelques connoiſſances. Chaque élément de matiere eſt une monade; monade qui differe néceſſairement en genre & en intenſité de perfection, de toute autre monade, étant impoſſible qu'il y ait dans la nature deux monades quelconques, ſpirituelles ou matérielles, d'une perfection égale.

Mais pourquoi attribue-t-il ou ſuppoſe-t-il à ſes monades, les qualités ou les propriétés que nous venons d'annoncer? En voici les raiſons, qu'il ſuffira d'indiquer ou de faire entrevoir.

51. EXPLICATION. I°. *Il les fait ſimples:* pour rendre raiſon de la compoſition des corps, qu'il place dans un aſſemblage de monades ſimples.

Car ce n'eſt pas rendre raiſon du compoſé, ſelon lui, que de l'expliquer par d'autres compoſés ſubalternes : puiſqu'il reſte éternellement à demander pourquoi ces compoſés ſubalternes ſont eux-mêmes des compoſés.

II°. *Il les fait inétendues :* pour rendre raiſon de l'étendue des corps, qu'il fait réſulter d'un aſſemblage de monades inétendues. Car dire qu'un corps eſt étendu, parce qu'il eſt compoſé de points ou d'atomes étendus, ce n'eſt point expliquer l'étendue, dit Leibnitz : puiſqu'il reſte toujours à demander pourquoi ces points ou ces atomes ſont eux-mêmes étendus.

III°. *Il les fait diſſemblables :* en premier lieu, pour rendre raiſon de la diverſité qu'il découvre dans la nature entiere, de la diverſité des génies & des caracteres chez les hommes, de la diverſité de vertus & de propriétés dans les mixtes, dans tous les différents corps ; diverſité qu'il fait découler de la différence ou de la diſſemblance intrinſeque & primitive des monades qui les forment. En ſecond lieu, parce qu'il penſe, d'après ſon ſyſtême de l'optimiſme (*Met.* 434), que s'il y avoit eu deux monades ſemblables & d'égale perfection dans la claſſe des poſſibles, Dieu n'auroit jamais pu créer ni l'une ni l'autre ; attendu qu'il n'auroit eu aucune *raiſon ſuffiſante* de créer l'une préférablement à l'autre. L'exiſtence des monades annonce donc, ſelon Leibnitz, une différence intrinſeque de nature & de perfection dans chacune.

IV°. *Il les fait actives :* pour rendre raiſon de cette ſomme conſtante de mouvement qui anime la nature, de cette permanente activité qui détruit & reproduit ſans ceſſe les êtres dans chaque

espece. Les diverses monades, dont l'assemblage forme la nature entiere, ont reçu, dès le commencement de leur existence, selon Leibnitz, une quantité & une détermination propre de mouvement, que leur activité naturelle reproduit sans cesse sur le même modele. Dans chaque monade, le premier mouvement détermina le second, le second détermina le troisieme, & ainsi de suite à l'infini : de sorte que l'action présente de toute monade quelconque dans la nature, n'est qu'une suite nécessaire de la premiere impression ou détermination qu'elle eut au premier instant de son existence ; & que cette action présente est une cause nécessaire d'où dépendent tous les mouvemens futurs qui doivent exister à perpétuité, & dans cette monade, & dans toutes les monades sur lesquelles elle influe plus ou moins par son mouvement présent.

Représentez-vous, s'il est possible, une horloge indestructible, qui, une fois mise en mouvement, se remonteroit éternellement par elle-même, & dans qui les divers rouages s'engrainant du premier jusqu'au dernier, n'auroient jamais que des mouvemens dépendans du premier mouvement qu'on leur a imprimé : c'est une image sensible & assez ressemblante du méchanisme physique qui anime persévéramment la nature, selon Leibnitz. Delà une harmonie de choses, un enchaînement de causes & d'effets, que l'on conciliera, comme on pourra, avec la liberté.

V°. *Il les fait représentatives :* pour rendre raison, & des pensées qu'il découvre dans les substances intelligentes, & des images qu'impriment dans nous les substances matérielles. Mon ame conçoit Dieu, la vertu, la vérité, le bien, la

ſageſſe, l'étendue, la durée : parce que mon ame eſt une monade naturellement repréſentative de ces objets, & liée dans le plein avec tous ces objets. L'odeur d'une roſe fait naître en moi l'image d'une roſe : parce que ces corpuſcules odorans ſont comme des types ou des moules, où eſt empreinte l'image de la roſe qui les produit. Les rayons de lumiere me peignent les divers corps d'où ils émanent, ou qui les réfléchiſſent : parce que ces rayons ſont tout autant de monades frappées au coin ou du corps lumineux qui les produit, ou des corps opaques qui les répercutent.

Tout eſt lié & enchaîné dans le plein, ſelon Leibnitz. Je ne puis remuer mon pied à droite ou à gauche, ſans imprimer à la matiere qui m'environne, un mouvement qui ſe communique, en s'affoibliſſant, à la nature entiere, juſqu'au-delà du ſoleil & des étoiles. Vous avez une image, ou une idée, ou une perception nette du mouvement de mon pied : parce que, placé auprès de moi, vous recevez une impreſſion nette & ſenſible, qui l'imprime à la monade repréſentative & intelligente qui vous anime. L'empereur de la Chine n'a & ne peut avoir qu'une image ou une idée confuſe du mouvement de mon pied ; parce que la monade repréſentative & intelligente qui anime cet empereur, reçoit une impreſſion trop foible & trop confuſe du mouvement de mon pied.

Delà des idées claires, des idées confuſes, des idées partielles, des idées adéquates, ſelon Leibnitz. La monade Dieu a des idées adéquates ou des idées complettes de tout ; parce qu'elle eſt préſente par-tout, & que par-tout elle eſt infiniment repréſentative. La monade Ame humaine

a des idées du paſſé, du préſent, de l'avenir; parce qu'elle eſt ſuſceptible d'impreſſions relatives à ces trois tems : & ces images ſont tantôt claires, tantôt confuſes, toujours inadéquates; parce qu'elle n'eſt que dans un point de l'infini en durée & en étendue, & qu'elle n'a qu'une vertu repréſentative finie. La monade ame brute a des images ou des perceptions moins étendues & plus imparfaites de tout; & la monade matiere, dans les végétaux, dans les minéraux, dans tous les corps quelconques, eſt encore plus imparfaite que la monade qui anime les brutes. Quel ſyſtême, que celui des monades! Les philoſophes Allemands l'ont adopté avec enthouſiaſme. Les philoſophes Anglois ont dédaigné de le réfuter, & ſe ſont bornés à en rire : mais Leibnitz mérite, quand on n'eſt pas de ſon avis, qu'on le réfute autrement qu'en riant.

52. REMARQUE. Quant à l'action des monades ſpirituelles ſur les monades matérielles, des ames ſur les corps, Leibnitz en rend raiſon par la plus ſinguliere hypotheſe qui ait jamais été imaginée, & qui n'eſt qu'une ſuite ou une application particuliere de l'harmonie & de l'enchaînement dont nous venons de parler.

Il veut que l'ame & le corps d'un même homme quelconque, ſans aucune eſpece de dépendance & de rapport de l'une à l'autre, ſoient deux ſubſtances tellement conſtituées, que l'une exerce une certaine ſuite de perceptions, l'autre une certaine ſuite de mouvemens; & que la ſageſſe du Créateur, qui a tout prévu & tout combiné dès le commencement des choſes, les ait tellement conſtruites, que par une certaine fatalité naturelle & intrinſeque, qu'il décore du

beau nom d'*harmonie préétablie*, les mouvemens de l'une se fassent toujours précisément lorsque les perceptions de l'autre semblent l'exiger, & réciproquement : en telle sorte que les perceptions paroissent dépendre des mouvemens, & les mouvemens des perceptions. Ainsi, selon Leibnitz, l'ame de Virgile fait des vers, sa main les écrit ; sans qu'il y ait aucune liaison, aucune dépendance, aucune connexion, entre les mouvemens de la main & les idées de l'ame, à l'exception d'une simultanéité prévue & préétablie d'existence.

Si la chose est ainsi, comme le soutiennent avec enthousiasme presque tous les philosophes Allemands, il étoit assez indifférent que l'ame de Virgile habitât ou le corps de ce poëte, ou tout autre corps : nous aurions eu le même poëme, quand même elle auroit été logée dans Jupiter ou dans Saturne.

53. ASSERTION. *Les monades de Leibnitz ne sont nullement admissibles.*

DÉMONSTRATION. I°. Les mêmes raisons qui foudroient les points physiques de Zénon, foudroient également les monades de Leibnitz : puisque l'un & l'autre sentiment fait naître l'étendue des corps, d'un assemblage de principes qui n'ont absolument aucune étendue.

II°. On rend raison de l'étendue & de la composition des molécules primitives de la matiere, en disant que *leur nature* est d'être étendues & composées de parties ; & Leibnitz auroit tort d'improuver cette raison, puisque si on lui demande pourquoi ses monades sont simples & inétendues, il est évidemment obligé de recourir

à la même réponſe, & de dire que leur nature eſt d'être ſimples & inétendues.

III°. Nous démontrerons ailleurs (144) qu'une matiere primitivement homogene peut produire des mixtes différens: donc, pour rendre raiſon de la diverſité des mixtes, ſur quoi il fonde ſa principale preuve en ce point, il n'eſt pas néceſſaire d'admettre des monades intrinſéquement diſſemblables dans leur nature primitive.

Quant à la raiſon qu'il emprunte de ſon ſyſtême de l'optimiſme, pour établir la diverſité intrinſeque de ſes monades; en réfutant dans notre métaphyſique ce ſyſtême qui ne s'accorde point avec la liberté de Dieu, & que rien ne fonde (*Met.* 434), nous avons réfuté d'avance & toutes les applications qu'on en peut faire, & toutes les conſéquences qu'on en peut tirer.

IV°. Nous démontrerons bientôt que la matiere, livrée à elle-même, a en partage l'*inertie*, l'*inactivité* (75): donc il eſt faux que les monades de la matiere ſoient actives par elles-mêmes: donc, pour expliquer le mouvement qui ſe perpétue dans la nature, il faut recourir à une autre cauſe qu'à l'activité intrinſeque des monades; ſçavoir, à l'action de Dieu, ſeul auteur & conſervateur du mouvement de la nature.

V°. Nous avons démontré, dans notre métaphyſique, que la matiere ne penſe point; que la matiere eſt incapable de penſer (*Met.* 473): donc il eſt faux que les monades qui compoſent la boue, l'argille, la lumiere, les corps ſonores, les corps odorans, aient le rayon d'intelligence que leur attribue Leibnitz.

Nous avons encore démontré, dans cette

même métaphyſique : que les idées & les ſenſations que font naître en nous les impreſſions de la matiere qui ébranle nos ſens comme cauſe occaſionnelle, ſont produites dans notre ame par la ſeule action du Créateur (*Met.* 179) : donc, pour rendre raiſon & des images & des ſenſations que nous avons des objets, il n'eſt point néceſſaire de ſuppoſer aux monades de la matiere une fabuleuſe & chimérique vertu repréſentative.

VI°. L'enchaînement ſingulier de mouvemens que ſuppoſe le ſublime délire des monades, tend à établir dans la nature une *fabuleuſe fatalité*, qui ſimpatiſe aſſez avec les principes du Proteſtantiſme que profeſſoit Leibnitz, mais que la raiſon réprouve, que le ſentiment intime de notre liberté dément. (*Met.* 508.)

Comment ſuis-je libre en effet, ſi les déterminations de mon ame ne ſont qu'une ſuite néceſſaire des premieres impreſſions qu'elle a reçues dès le commencement de ſon exiſtence ; ſi les mouvemens de mon corps ne ſont qu'un effet néceſſaire des premieres déterminations qu'ont eu en eux-mêmes les élémens qui compoſent mon corps, ou qu'ils reçoivent des autres éléments de la matiere, avec leſquels ils ſont harmoniquement liés & enchaînés ? Donc les monades de Leibnitz ne ſont admiſſibles en aucun point. C. Q. F. D.

Les points enflés.

54. SENTIMENT III. Pour ſe ſouſtraire aux difficultés qui découlent de l'infinie diviſibilité, certains prétendus philoſophes ont imaginé des atomes ou des points réels & phyſiques, de

différente figure & de différente masse, lesquels n'ont point d'extension réelle, mais seulement une extension virtuelle, en vertu de laquelle ils équivalent à des points qui auroient une réelle extension. Ces points s'enflent & se désenflent à leur gré, sans rien acquérir en s'enflant, sans rien perdre en se désenflant. Quelque volume d'enflure qu'on leur suppose, ils restent toujours indivisibles : parce que leur nature est d'être sans étendue, sous quelque volume que ce soit, & que la seule étendue est divisible.

RÉFUTATION. Une opinion aussi absurde mérite à peine une réfutation sérieuse. Qu'est-ce qu'une inétendue réelle qui a une extension virtuelle, & qui devient une réelle étendue ? Comment concevoir dans ces atomes ou dans ces points, une diversité de faces, sans y concevoir une multiplicité de côtés dont l'un n'est pas l'autre ? Comment ces points peuvent-ils s'enfler ou se désenfler, sans avoir des parties qui s'éloignent & se rapprochent les unes des autres ?

Philosophie, c'est à des philosophes de cette trempe que tu dûs le dédain & le mépris qui te furent si justement attachés dans des siecles de barbarie & de déraison, où l'on ne faisoit servir ta lumiere qu'à éclairer de semblables inepties. N'oublie jamais, que s'envelopper dans des ténebres pour éluder une difficulté réelle, c'est la misérable ressource de l'ignorance & de l'imbécillité ; ressource que dédaigne le génie, & dont rougit la raison !

Les atomes de Gassendi.

55. SENSIMENT IV. Gassendi admet, d'après

Démocrite & d'après Epicure, des atomes de différente maſſe & de différente figure, *étendus* & *indiviſibles :* avec cette différence que Gaſſendi ſuppoſe ces atomes créés & mus par l'Auteur de la nature ; ce que ne ſuppoſoient point Epicure & Démocrite, qui les faiſoient incréés & mus par eux-mêmes. (*Met.* 337.)

Refutation. Si Gaſſendi ſe bornoit à dire que ces atomes primitifs, étendus & indiviſibles en eux-mêmes, ont reçu du Créateur une figure & une maſſe qu'aucun agent créé ne peut leur faire perdre ; ce ſentiment, conforme à la raiſon & à l'expérience, n'auroit rien de répréhenſible.

Mais admettre des atomes de différente grandeur & de différente figure, *étendus* & *indiviſibles* en eux-mêmes, c'eſt admettre des choſes qui ſe détruiſent. Car comment concevoir un atome cubique, un atome pyramidal, un atome hériſſé d'angles & de concavités ; ſans une multiplicité de parties qui compoſent ces faces, ces concavités, ces angles ſolides ? Comment concevoir deux atomes d'inégale grandeur, dont le premier ſoit double du ſecond, ſans concevoir dans le premier une quantité double de ſubſtance qui pourroit être diviſée en deux, & compoſer deux atomes égaux au ſecond ? Dire que, malgré cette diverſité de maſſe & de figure, ces atomes étendus ſont ſimples & ſans parties, parce que leur nature eſt d'être tels ; c'eſt vouloir ſoutenir un inepte paradoxe par une palpable abſurdité. Qui m'empêchera de ſoutenir, par la même dialectique, & avec le même ton de vérité & de conviction, que le mont Apennin ou le mont Atlas ſont ſimples & ſans parties ; en diſant de

même contre toute raiſon & contre toute évidence, que leur nature eſt d'être ſimples & ſans parties ? De quelle inconſéquence n'eſt pas capable l'eſprit humain, quand, ſtupidement aveugle & opiniâtre, il épouſe un mauvais ſyſtême !

Si ces atomes de Gaſſendi ſont étendus, ils ont au moins deux parties : s'ils ont deux parties, l'une n'eſt pas l'autre, l'exiſtence de l'une n'eſt pas l'exiſtence de l'autre : donc l'une peut exiſter ſans l'autre : donc l'une peut être ſéparée de l'autre ; donc ces atomes *étendus* ne ſont point *indiviſibles* en eux-mêmes. C. Q. F. D.

Les points ſans contact de Boſcovitz.

56. SENTIMENT V. Le ſeul qui aït réuſſi à concilier l'inétendue des éléments avec l'étendue des corps, c'eſt l'illuſtre Boſcovitz, ingénieux philoſophe & profond mathématicien. Son ſyſtême, clinquanté & éblouiſſant, a de quoi en impoſer à quiconque peut prendre le brillant pour le ſolide, l'eſprit pour la raiſon, le roman pour la vérité. Voici une légere eſquiſſe de ce ſyſtême.

I°. Chez Boſcovitz, comme chez Zénon, les éléments de la matiere ſont des points ou des atomes inétendus, de différente nature.

II°. Chez Boſcovitz, comme chez Newton, ces éléments ont des attractions réciproques, en vertu deſquelles ils tendent les uns vers les autres.

III°. Chez Boſcovitz, les attractions ſont jointes à des répulſions. Ces points s'attirent & ſe repouſſent alternativement, ſans pouvoir jamais arriver au point de contact : enſorte que

dans la nature entiere, dans les corps les plus denſes & les durs, il n'y a jamais, & il ne peut jamais y avoir, deux atomes contigus.

IV°. Dans la plupart de ces éléments, l'*attraction* réciproque a lieu juſqu'à un certain degré de proximité, auquel la *répulſion* commence. Delà l'action de la nature dans l'air, dans la lumiere, dans la matiere ſubtile.

V°. Dans quelques-uns de ces éléments, l'attraction & la répulſion ont un *point d'équilibre* ou d'égalité : l'attraction & la répulſion étant égales, elles ſe détruiſent réciproquement, & le repos a lieu entre ces éléments. Delà la dureté des corps. Les corps fluides ſont compoſés d'éléments qui s'attirent & ſe repouſſent ſans ceſſe, ſans pouvoir parvenir à un point de proximité ou d'éloignement, où l'une de ces deux forces oppoſées ne l'emporte pas ſur l'autre. Les corps durs ſont compoſés d'éléments dans leſquels l'attraction & la répulſion arrivent à des points d'équilibre, dans un grand degré de proximité entre ces éléments, mais toujours ſans aucun contact. Un mêlange de ces deux eſpeces d'éléments, dont les uns parviennent & les autres ne parviennent jamais à un point d'équilibre entre la force attractive & la force répulſive, produit des corps d'une moindre dureté.

VI°. Ces éléments inétendus, dans ce ſyſtême, forment aiſément une étendue réelle. Car, ſoit un pouce cubique d'étendue, priſe dans le vuide ou dans l'eſpace pénétrable. Diviſez par la penſée, ce pouce cubique en cent mille millions ou billions de parties, & placez dans chacune de ces parties un atome inétendu d'or ou de marbre, que ſon attraction & ſa répulſion empêche-

ront de s'approcher de plus près des autres éléments : vous aurez un pouce cubique d'étendue solide & impénétrable. Le dernier point inétendu qui sera du côté de l'orient, sera éloigné du dernier point inétendu qui sera du côté du couchant, de l'étendue d'un pouce ; & ces cent mille millions ou billions de points inétendus d'or ou de marbre, sans avoir aucune étendue par eux-mêmes, auront l'étendue de l'espace qu'ils occupent sans se toucher, & dans lequel ils empêchent d'autres points semblables de se placer.

57. REMARQUE. Ce systême, né en Italie à peu près dans le même tems que les Pantins naissoient en France, semble se sentir un peu trop du génie de son siecle, & vouloir faire de la nature entiere, une vraie pantalonade, digne peut-être d'amuser, incapable sûrement d'instruire & d'éclairer. La *loi de continuité*, sur laquelle on tâche de l'établir, & en vertu de laquelle tout s'opere dans la nature par des accroissemens & des décroissemens successifs, est-elle bien rigoureusement démontrée dans la généralité qu'on lui donne ? Pourquoi un corps qui a un mouvement comme 100, ne pourroit-il pas perdre subitement tout son mouvement, sans passer par tous les degrés décroissans depuis 100 jusqu'à 0 ? Et quand même cette loi de continuité seroit aussi rigoureusement démontrée qu'on le prétend, à qui persuadera-t-on les chimeres qu'on veut en faire découler ? Un systême qui suppose ou qui prouve qu'il n'y a pas deux éléments contigus dans la nature, est un systême tout réfuté par lui-même ; un systême que la raison désavoue, lors même qu'elle en admire le brillant échafaudage. Il est peu probable que

Descartes

Descartes ait jamais été bien persuadé de la réalité de ses *tourbillons* & de ses *automates;* Leibnitz, de la réalité de ses *monades ;* Boscovitz, de la réalité de son *incontiguïté.* Les grands hommes s'amusent quelquefois à enfanter, en badinant, d'ingénieuses chimeres, que d'autres grands hommes adoptent & soutiennent quelquefois dans le même goût & dans le même esprit ; & que des hommes d'un génie borné & peu judicieux épousent avec persuasion, & réalisent avec enthousiasme.

PARAGRAPHE SECOND.

SENTIMENS POUR L'INFINIE DIVISIBILITÉ.

L'ÉCOLE Peripatéticienne se déclara pour l'infinie divisibilité de la matiere : elle se divisa en deux classes opposées & rivales.

58. SENTIMENT I. La premiere admit dans une portion quelconque de matiere, par exemple, dans un bloc de marbre, dans un grain de sable, dans une goutte d'eau, un nombre infini de parties *en réalité*, ou de parties qui sont actuellement distinguées l'une de l'autre : sans s'épouvanter des difficultés qu'entraîne l'accablant abyme de l'infini.

59. SENTIMENT II. La seconde admit dans cette même portion de matiere, un nombre infini de parties *en puissance*, ou de parties qui dans le contenu ne sont point actuellement parties, ne sont point actuellement distinguées l'une de l'autre, & qui ne peuvent devenir réellement parties distinguées, que par la seule division réelle ou mentale, laquelle ne peut jamais être effec-

tuée à l'infini : par ce moyen, elle éludoit les difficultés qui découlent du nombre infini de parties dans un même tout.

D'accord dans leurs principes, ces deux ſectes rivales différoient dans leurs procédés. La premiere ſentoit les embarras de l'infinie diviſibilité, & en adoptoit avec candeur les accablantes conſéquences. La ſeconde ſentoit les mêmes embarras de l'infinie diviſibilité, & employoit, avec ſupercherie, un puérile & inepte ſubterfuge, pour en éluder les difficultés. Celle-là étoit une école de philoſophes; celle-ci, une école de charlatans.

Deſcartes admet dans la matiere une *diviſibilité indéfinie*, ou une diviſibilité à laquelle on ne peut aſſigner aucunes bornes fixes & déterminées. Il eſt facile de forcer Deſcarter à ôter l'équivoque dont il s'enveloppe. Car dans la matiere, ou il y a réellement un terme au-delà duquel la diviſion ceſſe d'être poſſible en elle-même; & dans ce cas, la diviſibilité a des bornes, la diviſibilité eſt finie : ou il n'y a réellement point de terme au-delà duquel la diviſion ceſſe d'être poſſible en elle-même; & dans ce cas, la diviſibilité eſt ſans bornes, la diviſibilité eſt infinie.

PROPOSITION.

60. *Il eſt vraiſemblable que la matiere eſt diviſible à l'infini.*

DÉMONSTRATION I. Nous avons déja fait voir que les éléments de la matiere, quelque petiteſſe poſſible qu'on leur ſuppoſe, ne peuvent pas être inétendus (48): donc ces éléments ont

réellement une étendue. Des éléments étendus, de l'aveu même des Zénoniſtes, ont au moins deux parties, dont l'une n'eſt pas l'autre : pourquoi l'une ne pourroit-elle pas exiſter ſans l'autre, ou ſéparée de l'autre ? Ces deux parties ne pourront peut-être pas être diviſées par les agens créés, qui n'ont point priſe ſur elles, qui manquent ou d'action ou d'inſtrumens propres à opérer leur ſéparation : mais pourquoi ne pourroient-elles pas être diviſées par le Créateur, dont la puiſſance ne connoît point d'obſtacle ; qui, pour agir, n'a beſoin que de vouloir ; à l'action duquel le plus petit objet eſt autant en priſe, que l'objet le plus grand ?

DÉMONSTRATION II. La diviſion diminue l'étendue d'un corps ; mais elle ne l'anéantit pas : donc, après toute diviſion effectuée, l'étendue d'un corps ſubſiſte, ainſi que le corps diviſé. L'étendue, de l'aveu même des Zénoniſtes, dit néceſſairement multiplicité de parties : donc, aprés toute diviſion effectuée, l'étendue toujours ſubſiſtante dans les éléments diviſés, comprend au moins deux partiès dont l'une n'eſt pas l'autre, dont l'une peut être ſéparée de l'autre. Donc, après toute diviſion effectuée, la matiere reſte encore diviſible : donc la matiere eſt diviſible à l'infini.

DÉMONSTRATION III. Les mathématiciens, qui preſque tous ſuppoſent & admettent la diviſibilité à l'infini dans la matiere, emploient pluſieurs ſortes de démonſtrations mathématiques pour l'établir. Nous n'en rapporterons qu'une ſeule, qui tiendra lieu de toutes les autres. (*fig.* 1.)

Soient deux parallelles A B, C D. Qu'une dia-

gonale indéfinie A H, fixée au point A, coupe toujours en ſe mouvant, la parallele inférieure C D. Si le petit homme qui tient en main la diagonale indéfinie, marche pendant une éternité ſur la parallele C D, prolongée à l'infini; cette diagonale continuera à l'infini de s'avancer du point G vers le point E, en touchant continuellement de nouveaux points de la ligne G E, ſans jamais arriver au point E: puiſque, pour arriver au point E, il faudroit que la diagonale A H ſe confondît avec la parallele A B. Donc la ligne ou l'eſpace G E a une infinité de points dont l'un n'eſt pas l'autre, ſur leſquels peut s'appliquer ſucceſſivement à l'infini la diagonale mobile: donc cette ligne ou cet eſpace G E eſt diviſible à l'infini: donc une matiere quelconque, qui emplira cet eſpace G E, eſt diviſible à l'infini. C. Q. F. D.

61. COROLLAIRE I. *Une très-petite portion de matiere peut emplir un eſpace fini quelconque, en telle ſorte qu'il ne reſte dans cet eſpace que des vuides auſſi petits qu'on voudra les aſſigner.*

DÉMONSTRATION. C'eſt une ſuite manifeſte & de l'inconcevable diviſion, & de l'infinie diviſibilité de la matiere. Soit, d'un côté, un très-petit grain de ſable, & de l'autre, un eſpace vuide d'une grandeur quelconque, d'un pied cube, d'un million de pieds cubes, d'autant de pieds cubes qu'il y en a entre le ſoleil & les étoiles.

I°. Si l'eſpace donné étant d'un pied cube, on exige que dans ce pied cube il ne reſte aucun vuide plus grand qu'un millionieme de ligne; il ſuffira que ce grain de ſable ſoit diviſé en

autant de parties qu'il en faut pour en placer une dans chaque millionieme de ligne contenu dans ce pied cube : ce qui n'exige dans ce grain de ſable qu'une diviſion incomparablement moindre que celle que les obſervations nous démontrent effectuée dans la nature. (40, 41.)

II°. Si l'eſpace donné eſt un million de fois plus grand qu'un pied cube, il ne faudra encore, dans le grain de ſable donné, pour ſatisfaire aux mêmes conditions, qu'une diviſion un million de fois plus grande que la précédente ; diviſion encore incomparablement moindre que celle dont nous trouvons mille & mille exemples dans la nature.

III°. Si l'eſpace donné eſt auſſi grand ou plus grand que l'eſpace fini dans lequel eſt renfermé l'univers, il eſt clair que cet eſpace fini ne renferme qu'un nombre fini de points diſtans les uns des autres d'un millionieme de ligne ; & que ce grain de ſable, pour être diſtribué dans tous ces points, n'exigeroit qu'une diviſion finie de ſes parties ; diviſion toujours poſſible en elle-même, comme on vient de le démontrer.

62. COROLLAIRE II. *Toute portion de matiere a une infinité d'infinités de parties réelles & diſtinctes.*

DÉMONSTRATION. I°. Toute portion de matiere étant diviſible à l'infini, elle a néceſſairement une infinité de parties dont l'une n'eſt pas l'autre : puiſqu'elle ne peut être diviſible à l'infini, ſans avoir une infinité de parties qui puiſſent être à l'infini ſéparées les unes des autres.

II°. La moitié, le quart, le huitieme, le ſeizieme, toute partie proportionnelle de cette

portion de matiere eſt elle-même matiere : donc cette moitié, ce quart, ce huitieme, ce ſeizieme, & ainſi de ſuite à l'infini décroiſſant, ont chacun une infinité de parties réelles & diſtinctes.

III°. Cette portion de matiere a une infinité de parties, dont chacune eſt matiere, & dont chacune renferme une infinité de parties réelles & diſtinctes : donc il y a dans cette portion de matiere, une infinité d'infinités de parties réelles & diſtinctes. C. Q. F. D.

63. REMARQUE I. Le philoſophe Keil, Anglois de nation, démontre dans ſon *introduction à la vraie phyſique*, que les principales objections que l'on fait contre l'infinie diviſibilité, & que l'on regarde comme des abſurdités qui la détruiſent, ſont tout autant d'aſſertions très-vraies & très-philoſophiques : ſavoir,

I°. Qu'*une quantité finie auroit un nombre infini de parties actuelles & diſtinctes*. Propoſition vraie ! Une ligne d'un pouce eſt finie, puiſqu'elle n'a pas une infinité de pouces : & cependant cette ligne d'un pouce renferme une infinité de points dont l'un n'eſt pas l'autre.

II°. Qu'*une quantité finie ſeroit égale à une quantité infinie*. Propoſition vraie ! Une ligne d'un pouce eſt égale au nombre infini de points qui la compoſent. L'abſurde apparent de cette propoſition ne vient que de l'équivoque qui fait confondre l'étendue décroiſſante, avec l'étendue fixe & déterminée. Il eſt abſurde que l'étendue d'une toiſe ſoit égale à l'étendue d'une infinité de toiſes : mais il n'eſt pas abſurde que l'étendue d'une toiſe ſoit égale à l'étendue de ſes deux moitiés, de ſes quatre quarts, de ſes ſeize ſeiziemes, du nombre total quelconque de ſes parties à l'infini décroiſſantes.

III°. Qu'*il y auroit des infinis plus grands les uns que les autres*. Propoſition vraie ! Quoiqu'un grand tout & un petit tout aient un égal nombre de parties proportionnelles, par exemple, de moitiés, de quarts, de huitiemes, de ſeiziemes, & ainſi de ſuite à l'infini ; il n'en eſt pas moins évidemment vrai que le nombre des parties réelles qui compoſent la terre entiere, eſt du double plus grand que le nombre des parties qui compoſent la moitié de la terre. L'un & l'autre nombre eſt cependant également infini : puiſqu'il eſt également impoſſible, dans la moitié comme dans le tout, d'arriver à un terme où il ne reſte plus de parties à diviſer.

L'abſurde apparent de cette propoſition ne vient que des fauſſes notions qu'on ſe forme de l'infini, en confondant l'infini en eſſence & en nature, avec l'infini en nombre de parties. On définit l'infini : *ce à quoi on ne peut rien ajouter ou retrancher ;* ou bien, *ce qui eſt tel qu'on ne peut rien concevoir de plus grand.* Fauſſe définition ! Si elle convient à l'infini en eſſence, à Dieu ; elle ne convient point à l'infini en nombre de parties dont il eſt ici queſtion. L'infini en nombre de parties doit être défini : *ce qui a un nombre inépuiſable de parties ;* ou bien, *ce dont le nombre de parties ne peut être exprimé par aucun nombre fini :* définition qui convient également & à un infini plus grand & à un infini plus petit. (*Met.* 127.)

64. REMARQUE II. Quelque triomphantes que paroiſſent les preuves qui établiſſent l'infinie diviſibilité de la matiere, elles ne banniſſent preſque jamais entiérement & pléniérement le doute : parce qu'étonné & confondu à l'aſpect des ténébreux abymes de l'infini, notre eſprit

ceſſe d'être aſſuré, dès qu'il ceſſe d'être éclairé. La lumiere perſuaſive, qui commence à naître dans les preuves ſatisfaiſantes de l'infinie diviſibilité, ne ſe ſoutient qu'avec peine dans les nuages qui en enveloppent les conſéquences.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

65. OBJECTION I. La principale preuve, la ſeule preuve bien déciſive contre le ſyſtême des points inétendus & indiviſibles, c'eſt l'étendue des corps; étendue que l'on dit ne pouvoir naître & réſulter de points inétendus. Mais une ligne mathématique, étendue en longueur, ne réſulte-t-elle pas d'un nombre infini de points mathématiques qui n'ont point d'étendue; comme un nombre réſulte d'un aſſemblage d'unités, dont aucune n'a la proprié de nombre?

RÉPONSE. I°. Il eſt auſſi impoſſible qu'une ligne mathématique, étendue en longueur, réſulte d'une infinité de points ſans aucune étendue réelle, qu'il eſt impoſſible qu'un être exiſtant réſulte d'une infinité de négations ou de privations d'exiſtence; qu'un être intelligent réſulte d'une infinité de négations ou de privations d'intellectivité. Ainſi une ligne mathématique, étendue en longueur, réſulte d'une infinité de points dont chacun a une infiniment petite étendue en tout ſens; étendue dont on fait abſtraction dans le calcul. Cette infiniment petite étendue du point mathématique, répétée une infinité de fois en longeur, donne une ligne mathématique plus ou moins longue, qui a une infiniment petite largueur. Cette infiniment petite largeur d'une ligne mathématique, répétée une

infinité de fois, donne une ſurface mathématique, qui a une infiniment petite épaiſſeur ou profondeur. Cette infiniment petite profondeur d'une ſurface mathématique, répétée une infinité de fois, donne un ſolide de trois dimenſions. Il eſt évident que rien de ſemblable ne peut réſulter des points zénoniques, qui n'ont abſolument aucune étendue, ni grande ni petite : puiſque rien, ajouté une infinité de fois à rien, ne donne jamais que rien pour ſomme ou pour produit.

II°. L'unité, qui ſeule ne fait point nombre, & qui, jointe à une autre unité, fait nombre, ne prouve aucunement que des points inétendus puiſſent faire une étendue. Joindre une unité à une autre unité, c'eſt joindre un être poſitif à un être poſitif, qui font deux êtres poſitifs, ou un nombre. Joindre un inétendu à un autre inétendu, c'eſt joindre une privation d'étendue à une autre privation d'étendue, qui ne font évidemment qu'une double privation d'étendue. La dénomination de *nombre*, eſt une dénomination extrinſeque, qui ſe refuſe à un ſeul individu, & qui ſe donne à pluſieurs individus; ſans ôter ou ajouter aucune propriété intrinſeque à ces individus, ſéparés ou réunis. La dénomination d'*inétendu* exprime une propriété intrinſeque du ſujet; propriété négative, qui en exclut formellement l'étendue ; comme l'inintellectivité dans un caillou, en exclut formellement l'intellectivité. Dire qu'une unité ne fait pas nombre, & que deux unités font nombre, c'eſt dire qu'une ſeule unité ne fait qu'un ſeul individu, & que deux unités font deux individus : ce qui eſt fort ſimple & fort raiſonnable. Dire qu'un point inétendu

ne peut pas faire une étendue, & que deux points inétendus peuvent faire une étendue ; c'eſt dire qu'un caillou ſans intellectivité ne peut pas faire une intelligence, mais que deux cailloux ſans intellectivité, par la réunion de leurs deux inintellectivités, peuvent faire une intelligence : ce qui eſt très-inepte & très-abſurde (*).

66. OBJECTION II. Soit une portion de feuille d'or battu, d'une ligne quarrée de ſurface. Si la matiere eſt diviſible à l'infini, le Créateur peut diviſer ſans fin dans ſa petite épaiſſeur cette ligne quarrée, en ſurfaces toujours plus minces; il pourroit donc, à force de multiplier les diviſions & les ſurfaces, convertir cette ligne quarrée de feuille d'or, en une enveloppe continue, propre à couvrir & cet univers & mille millions d'univers ſemblables. Quelle révoltante abſurdité !

REPONSE. Cette petite portion de feuille d'or, après toute diviſion effectuée, a toujours deux

(*) Ratio formalis propter quam *unitas* non eſt numerus, eſt defectus alterius unitatis ſociæ ; quem defectum tollis, ſociando priori unitati alteram unitatem, quæ eſt aliquid poſitivum prioris defectûs excluſivum. Defectus enim tollitur per ens ipſius excluſivum : defectus ſocietatis excluditur per meram acceſſionem entis ſocii. Ratio formalis propter quam punctum zenonicum eſt inextenſum, eſt defectus extenſionis intrinſecæ ; quem defectum non tollit acceſſio alterius puncti eundem intrinſecæ extenſionis defectum habentis : defectus enim non tollitur per alterum defectum, ſed tantùm per aliquid poſitivum ipſi oppoſitum. Sicut defectus pecuniæ in crumenâ, non excluditur per alterum pecuniæ defectum, ſed per ſolam pecuniæ acceſſionem ; ita defectus extenſionis in puncto zenonico non excluditur per alterum extenſionis defectum, ſed per ſolam extenſionis acceſſionem.

ſurfaces dont l'une n'eſt pas l'autre : il n'y a donc point d'abſurdité à dire que l'une peut toujours être ſéparée de l'autre ; & que le Tout-puiſſant, à force de diviſions, peut en faire une enveloppe continue, capable de contenir tant de millions de millions de mondes qu'on voudra.

L'imagination, cette puiſſance de l'ame deſtinée à tracer des images, s'effraie & ſe trouble à l'aſpect d'une diviſion comme infinie, dont elle ne ſaiſit pas la maniere, qu'elle ne peut pas ſuivre dans ſes progrès, qui échappe & ſe refuſe inévitablement à ſes tableaux : mais *la raiſon*, cette puiſſance de l'ame qui juge & qui conclut, ne s'effraie point de voir qu'une ſubſtance toujours diviſible, puiſſe toujours être diviſée par une puiſſance qui s'étend à tout ce qui ne répugne point.

67. OBJECTION III. Si la diviſion de la matiere eſt poſſible à l'infini, ſuppoſons-la effectuée à l'infini. Dans cette hypotheſe, la diviſion poſſible à l'infini arrive à un terme où elle ceſſe d'être poſſible ; puiſqu'il eſt évidemment impoſſible de la pouſſer au-delà de l'infini. Donc la diviſibilité à l'infini entraîne une contradiction manifeſte, qui en démontre la chimere.

RÉPONSE. La diviſion de la matiere eſt poſſible à l'infini ; parce qu'il eſt impoſſible d'arriver à un point de diviſion, où la diviſion ceſſe d'être ultérieurement poſſible. Mais il ne s'enſuit pas de l'infinie diviſibilité de la matiere, que la diviſion de la matiere puiſſe être effectuée ou ſuppoſée effectuée à l'infini ; parce qu'il répugne que l'infinie diviſibilité de la matiere puiſſe être épuiſée par un nombre quelconque de diviſions.

I°. Il n'y a aucun nombre fini qui puiſſe ex-

primer le nombre ou la quantité de divisions dont est susceptible une portion déterminée de matiere : donc le nombre des divisions possibles dans cette portion de matiere, est un nombre infini ; puisque, s'il n'étoit pas infini, il pourroit être exprimé par un nombre fini, capable de l'égaler ou de le surpasser.

II°. Il répugne qu'un nombre infini & inépuisable de divisions possibles dans une portion de matiere, finisse & s'épuise : donc la matiere à l'infini divisible, ne peut jamais être à l'infini divisée. Donc la puissance infinie du Créateur ne peut jamais arriver dans la matiere, à une derniere division qui répugne : parce que l'infinie puissance du Créateur ne s'étend pas à faire ce qui est impossible en soi. (*Met.* 441.)

68. OBJECTION IV. Si un pouce cubique de marbre avoit un nombre infini de parties réelles, ce pouce cubique de marbre auroit une étendue infinie ; puisqu'il est évident qu'un nombre infini de parties, dont la plus petite a une étendue, doit évidemment faire une étendue infinie. Supposons, en effet, qu'il faille mille millions de billions ou de trillions de ces parties qui ont *la plus petite* étendue possible, pour faire une ligne d'étendue : il est évident que ce nombre pris mille fois, formeroit mille lignes d'étendue ; pris cent mille fois, formeroit cent mille lignes d'étendue ; pris une infinité de fois, formeroit une infinité de lignes d'étendue, ou une étendue infinie. Donc, si un pouce cubique de marbre avoit une infinité de parties étendues, quelque petites qu'on les suppose ; ce nombre infini de parties étendues, donneroit à ce pouce cubique de marbre, une étendue infinie en tout sens. Quelles

palpables abſurdités entrane donc cette infinie diviſibilité de la matiere !

RÉPONSE. Il eſt évident qu'un nombre infini de parties d'une grandeur déterminée, quelque immenſément petite que ſoit ſuppoſée cette grandeur déterminée, donneroit une étendue infinie : mais il eſt faux qu'il y ait dans ce pouce cubique de marbre un nombre infini de parties d'une telle grandeur déterminée. On ſe trompe en deux manieres ſur l'étendue, parties de ce pouce cubique de marbre, lequel ſert d'exemple général pour toute portion quelconque de matiere.

I°. On ſe trompe, en ſuppoſant dans ce pouce cubique de marbre une infinité de parties d'une grandeur déterminée, la plus petite qu'il ſoit poſſible. Il n'y a dans ce pouce cubique de marbre aucune partie concevable, qui ait la plus petite étendue poſſible : puiſque cette partie que l'on conçoit, a encore deux moitiés, quatre quarts, huit huitiemes, ſeize ſeiziemes, & ainſi de ſuite à l'infini ; & que ces parties ſont néceſſairement moindres que leur tout. Il n'y a donc point de partie dans la matiere, qui ſoit *la plus petite de toutes :* il n'y a donc point dans les parties étendues de la matiere, d'étendue *la moindre qu'il ſoit poſſible*. Il eſt donc abſurde de partir de cette double ſuppoſition, pour combattre l'infinie diviſibilité de la matiere, dont l'étendue & les parties peuvent décroître à l'infini, ſans qu'il ſoit poſſible d'atteindre ou d'aſſigner leur dernier terme de décroiſſement. Ces parties infiniment petites de la matiere, ont une nature fixe & déterminée : mais leur nature fixe & déterminée, eſt d'être à l'infini diviſibles.

II°. On ſe trompe en s'imaginant qu'un nombre

infini de parties décroiſſantes, doit former une étendue infinie. Soit une étendue quelconque, par exemple, une étendue d'un pouce, que l'on diviſe à l'infini par moitiés. Le tout donnera 1; la premiere diviſion, $\frac{1}{2}$; la ſeconde diviſion, $\frac{1}{4}$; les diviſions ſuivantes, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$ ... $\frac{1}{\infty}$. Il eſt évident que la ſomme infinie de ces parties proportionellement décroiſſantes ($\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}+\frac{1}{32}+\frac{1}{64}+\frac{1}{128}\ldots\ldots+\frac{1}{\infty}$) eſt préciſément égale au premier terme 1, qui exprime le tout: donc un nombre infini de parties décroiſſantes ne donne pas une grandeur infinie, mais ſimplement une grandeur finie, correſpondante à la ſomme entiere du tout dont elles ſont parties. Donc le nombre infini de parties infiniment petites, qui compoſent un pouce cubique de marbre, doit donner, non une étendue infinie, mais ſimplement une étendue égale à l'étendue d'un pouce cubique. Et comme la ſomme infinie, qui eſt égale a 1, peut être priſe ou deux fois, ou cent fois, ou un million de fois, & ainſi de ſuite; un nombre infini de parties, deux fois, ou cent fois, ou un million de fois plus grand que le nombre infini de parties qui compoſent ce pouce cubique de marbre, donneroit préciſément une maſſe, ou deux fois, ou cent fois, ou un million de fois plus grande que ce pouce cubique de marbre. (*Math.* 297.)

69. OBJECTION V. Tout ce qui eſt créé eſt néceſſairement fini, & la création de l'infini répugne (*Met.* 439): donc Dieu n'a point créé dans la matiere un nombre infini de parties.

REPONSE. Tout ce qui eſt créé eſt néceſſairement fini & borné en nature, en perfection, en étendue, & non en nombre de parties.

1°. Il répugne que le Tout-puiſſant crée une ſubſtance infinie en nature, en perfection, en étendue, pour deux raiſons principales que nous ne faiſons qu'indiquer : 1°. parce qu'il répugne qu'une ſubſtance créée, que l'on conçoit toujours néceſſairement ſuſceptible d'une ultérieure perfection, d'une ultérieure augmentation, arrive à un terme où elle ceſſe d'être perfectible; 2°. parce qu'il répugne que l'intariſſable richeſſe du Créateur, que l'on conçoit toujours eſſentiellement communicable & participable à l'infini, arrive à un terme où elle tariſſe, où elle ceſſe de pouvoir être ultérieurement communiquée & participée.

II°. Mais il ne répugne par aucune raiſon, que le Tout-puiſſant crée une ſubſtance finie en ſa nature, dont un nombre infini de parties conſtituent la nature limitée & bornée. Il répugne qu'il exiſte un corps qui ait une infinité de parties d'une grandeur déterminée, par exemple, d'une ligne, d'un millionieme de ligne; parce que la ſomme infinie de ces lignes ou de ces millioniemes de lignes, formeroit un tout infini, dont l'exiſtence eſt impoſſible. Mais il ne répugne pas qu'il exiſte un corps qui ait une infinité de parties décroiſſantes à l'infini; parce que la ſomme infinie de ces parties à l'infini décroiſſantes, ne forme qu'un tout fini, dont l'exiſtence eſt poſſible.

70. OBJECTION VI. Le Tout-puiſſant ne peut pas créer un nombre infini d'individus dans une eſpece, par exemple, dans l'eſpece humaine (*Met.* 439) : donc, par la même raiſon, le Tout-puiſſant ne peut pas créer, dans une portion déterminée de matiere, un nombre infini de par-

ties, dont chacune eſt comme un individu diſtingué de toute autre partie ou de tout autre individu.

RÉPONSE. Il répugne que le Tout-puiſſant puiſſe créer un nombre infini d'hommes : parce qu'il répugne que le nombre infini & inépuiſable des hommes poſſibles, s'épuiſe & finiſſe ; parce qu'il répugne que la puiſſance infinie & intariſſable du Créateur, tariſſe & s'épuiſe relativement à l'eſpece humaine. Mais il ne répugne par aucune raiſon, que le Tout-puiſſant puiſſe créer une portion déterminée de matiere, laquelle ait, comme l'exige ſon eſſence, un nombre infini de parties, dont la ſomme infinie ne fait qu'une nature finie; dont la ſomme infinie n'épuiſe point l'intariſſable puiſſance du Créateur; dont la ſomme infinie n'offre rien qui ſe refuſe à l'action créatrice qui l'atteint & l'embraſſe.

I°. La parité qu'on objecte, a une diſparité manifeſte qui en détruit l'application. Quand on conçoit un nombre infini d'hommes poſſibles, on conçoit évidemment que ce nombre infini ne peut pas être tout créé : donc on doit affirmer que la création entiere & totale de ce nombre infini répugne. Quand on conçoit, au contraire, un nombre infini de parties dans un pouce cubique de marbre, on conçoit aiſément que ce nombre infini de parties peut être tout créé : donc on doit affirmer que la création de ce nombre infini de parties ne répugne point. Le premier nombre eſt une collection infinie d'individus, dont l'exiſtence générale & univerſelle formeroit un infini créé, lequel eſt évidemment impoſſible. Le ſecond nombre eſt une ſomme infinie

infinie de parties d'un ſeul & unique individu, lequel, réuni ou diviſé, ne fait jamais que le même individu ou la même nature, dont l'exiſtence ne préſente rien d'impoſſible.

II°. Il répugne à la vérité, que Dieu crée l'une après l'autre, ces parties dont le nombre infini compoſe ce pouce cubique de marbre : parce que ce nombre infini & inépuiſable de parties, ne pourroit jamais être ſucceſſivement épuiſé. Mais il ne répugne point que cette ſomme infinie de parties, qui doit former & conſtituer la nature finie de ce pouce cubique de marbre, ſoit toute créée à la fois : parce qu'il ne répugne point qu'une nature finie & bornée reçoive en un inſtant, avec l'exiſtence, le nombre infini de parties qui conſtituent néceſſairement cette exiſtence.

71. OBJECTION VII. Si la matiere eſt diviſible à l'infini, une ſurface d'un pouce a une infinité de points dans ſa longueur : ſi une ſurface d'un pouce a une infinité de points dans ſa longueur, cette ſurface ne peut être parcourue par un mobile dans toute ſa longueur, ſans que ce mobile paſſe par des attouchemens ſucceſſifs, ſur une infinité de points qui conſtituent cette longueur : ſi un mobile paſſe par des attouchemens ſucceſſifs ſur une infinité de points, il faut à ce mobile, qui ne peut toucher & parcourir qu'un point à chaque inſtant, une infinité d'inſtans pour parcourir cette ligne d'une infinité de points. Donc ſi une ſurface d'un pouce a une infinité de points dans ſa longueur, il ne faut rien moins qu'une infinité d'inſtans ou qu'une éternité, pour qu'un mobile parcoure la longueur de cette ſurface ; donc un homme ou un

boulet de canon, quelque vîtesse qu'on leur suppose, ne pourroient jamais parcourir une espace d'un pouce d'étendue.

REMARQUE. C'est ici le célebre argument par lequel Zenon s'efforçoit de démontrer à Diogene l'impossibilité du mouvement. Diogene, embarrassé & ne sachant que répondre, se leva de son siege, se promena dans sa salle, se remit à sa place. En se promenant, il démontra à son adversaire la possibilité du mouvement : en avouant ensuite qu'il ne savoit comment répondre à la difficulté proposée, il apprenoit à ce même adversaire qu'une difficulté insoluble ne doit pas faire abandonner une vérité certaine. Si Zenon attaquoit simplement & absolument la possibilité du mouvement, la réponse muette de Diogene étoit ingénieuse & triomphante : mais si Zenon se bornoit à faire voir que la possibilité du mouvement étoit incompatible avec l'infinie divisibilité de la matiere, qu'admettoit peut-être Diogene, la réponse muette de ce dernier étoit nulle & inepte. Quoi qu'il en soit,

RÉPONSE. Le tems, comme la matiere, est divisible à l'infini : puisqu'une heure peut être divisée sans fin en parties proportionnellement décroissantes, par exemple, en demies, en quarts, en huitiemes, en seiziemes, qu'exprimera cette suite décroissante, $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128} \ldots \frac{1}{\infty}$. La somme infinie des parties d'une heure proportionnellement décroissantes, est précisément égale à une heure ; & il ne faut rien moins qu'une infinité de fois le dernier terme de cette suite décroissante, pour faire la durée d'une heure. Une minute, une seconde, une tierce, est également divisible en un nombre infini de par-

ties à l'infini décroiſſantes, dont la ſomme infinie ne fera ou qu'une minute, ou qu'une ſeconde, ou qu'une tierce.

Il eſt facile, d'après ces principes, de réfuter l'objection de Zenon. Un eſpace déterminé, par exemple, une toiſe exige dans le mobile qui le parcourt un tems déterminé, par exemple, une ſeconde: un point infiniment petit de cet eſpace déterminé, exigera une infiniment petite partie du tems déterminé, ou de la ſeconde. Pour parcourir l'eſpace total qui a une infinité de points infiniment petits, dont la ſomme infinie fait une toiſe, il faudra donc ſimplement une infinité d'inſtans infiniment petits, dont la ſomme infinie fait une ſeconde. Il eſt donc faux que l'infinie diviſibilité de la matiere entraîne l'impoſſibilité du mouvement; ou qu'il faille, dans ce ſentiment, un tems infini pour parcourir un eſpace fini.

On voit, par cette théorie de l'infinie diviſibilité, quels nuages offuſquent toujours néceſſairement l'eſprit humain, toutes les fois qu'il oſe étendre ſes idées finies ſur la nature de l'infini; dans les choſes même où l'exiſtence de l'infini lui paroît le mieux démontrée, & où la nature de l'infini ſemble être le plus à ſa portée.

ARTICLE QUATRIEME.

INERTIE ET LOIX PRIMITIVES DE LA MATIERE.

72. DÉFINITION I. On nomme *inertie de la matiere*, une propriété négative qui fait de la matiere une ſubſtance purement paſſive; une ſubſ-

tance incapable d'avoir par elle-même & de puiser dans son propre fond aucune action, aucun mouvement, aucune influence, aucune vertu positivement agissante ou résistante : ensorte que tout ce que nous voyons d'activité dans la nature matérielle, ait nécessairement pour cause efficiente, une autre source que la matiere qui en est le sujet.

Mais il ne faut point confondre dans la matiere sa *qualité d'inertie* avec sa *force d'inertie*, dont nous parlerons ailleurs (286). La qualité d'inertie est dans la matiere une propriété négative & naturelle : elle exprime un simple défaut d'action intrinseque & née de la matiere ; elle exprime ce qu'est la matiere en elle-même & par elle-même. La force d'inertie est dans la matiere une propriété positive & accidentelle : elle exprime ce que donne de force agissante ou résistante à la matiere la volonté libre du Créateur, qui l'anime & la met en jeu selon certaines loix fixes.

73. DÉFINITION II. On nomme *loix de la matiere* en général, la maniere fixe & constante dont elle reçoit, conserve, exerce, communique & perd l'action qui l'anime. Par exemple, c'est une loi de la matiere, qu'elle ne reçoive point le mouvement sans une cause ; qu'elle ne le perde point sans une résistance ; qu'elle le communique & le transmette selon certaines regles fixes ; & ainsi du reste.

II°. On nomme *loix primitives de la matiere*, celles qui ne dépendent d'aucune cause ultérieure & plus générale, & qui sont la cause d'une infinité d'effets qui peuvent être regardés comme tout autant de loix particulieres. Par exemple, l'impulsion & l'attraction sont deux loix géné-

rales & primitives : ce ſont deux loix générales ; parce qu'elles affectent indifféremment tous les corps quelconques : ce ſont deux loix primitives ; parce que d'elles dépendent une infinité d'effets, tels que les phénomenes de la méchanique, de l'hydroſtatique, de la gravitation ; & qu'elles ne dépendent elles-mêmes que de la volonté primitive du Créateur, qui, pour perpétuer dans la nature l'ordre par lui choiſi & établi, décerna librement que les corps recevroient telle action & produiroient tels phénomenes, à l'occaſion de l'impulſion & de l'attraction.

III°. Parmi les loix primitives de la nature, qui ne dépendent d'aucune autre loi, & deſquelles toutes les autres loix dépendent, il y en a une qui a été connue de tout tems ; c'eſt l'impulſion. Il y en a une autre, qui n'eſt connue que depuis environ un ſiecle ; c'eſt l'attraction. Il y en a une troiſieme qui eſt encore peu connue, & qui ne le ſera peut-être jamais mieux ; c'eſt l'Affinité entre les parties conſtituantes & intégrantes des différens corps.

Les regles ou les loix particulieres de l'impulſion & de l'attraction ſont connues : nous ne ferons qu'indiquer ici leur méchaniſme phyſique, nous réſervant à le développer & à le démontrer en détail, le premier dans la théorie du mouvement, le ſecond dans la théorie de l'aſtronomie phyſique. Les regles ou les loix particulieres de l'Affinité reſtent encore à connoître, & ne ſeront vraiſemblablement jamais bien connues : nous nous attacherons dans cet article, dans un paragraphe à part, à montrer & à faire ſentir ſon influence dans une foule de phénomenes frappans, que nous avons ſans ceſſe ſous les yeux,

& qui ne peuvent être attribués à aucune autre cause générale ou particuliere.

PARAGRAPHE PREMIER.

L'inertie de la matiere.

74. Observation. Il est visible qu'il y a une action permanente, une action uniforme & réguliere, une action soumise à des loix fixes & invariables dans toute la nature sensible. Mais quelle est la source, & l'origine, & la cause de cette action de la nature? C'est ce qui n'est pas visible de même.

I°. Le peuple, qui communément ne voit rien au-delà de ce qu'apperçoivent ses sens, juge sans examen que l'action des corps n'a d'autre source, d'autre principe, d'autre cause efficiente, qu'une vertu occulte de ces corps.

Juger ainsi, juger que les globes célestes se meuvent, parce qu'ils ont en eux-mêmes & par eux-mêmes la vertu de se mouvoir; que les corps terrestres gravitent vers le centre de la terre, parce qu'ils ont en eux-mêmes & par eux-mêmes une vertu gravitante; que la terre produit des végétaux & des minéraux, parce qu'elle a en elle-même & par elle-même la vertu de produire tout cela: c'est juger que l'aiguille d'une montre fait sa révolution sur le cadran, parce qu'elle a en elle-même la vertu de se mouvoir, de marquer les heures, de diviser exactement le tems, sans le secours d'aucun ressort qui produise & qui regle son mouvement.

II°. Le philosophe, qui ne confond pas les effets avec les causes, qui sait que l'action de

la matiere ne vient pas plus de la matiere qui la conſtitue, que le mouvement d'une aiguille de montre ne vient de la nature du métal dont elle eſt formée, cherche dans la nature quelle peut être la cauſe efficiente à laquelle elle doit ſes divers mouvemens.

La philoſophie a été partagée ſur cet objet, ſur cette action de la nature, en deux ſentimens oppoſés. L'un vouloit que l'action de la nature eût pour cauſe efficiente une vertu ſecrete de la matiere : c'étoit celui des péripatéticiens ; & c'eſt encore celui du peuple & de quelques philoſophes Allemands. L'autre prétend que l'action de la nature a pour unique cauſe efficiente, l'action permanente d'un être increé & créateur, qui meut & anime perſévéramment toutes les parties de la matiere & de la nature, ſelon certaines loix fixes & invariables par lui librement établies au commencement des tems : c'eſt le ſentiment de Deſcartes & de tous ſes diſciples, de Newton & de tous ſes ſectateurs ; c'eſt-à-dire, de tout ce qu'il y a maintenant de vrais philoſophes.

III°. Ainſi, ſelon Deſcartes & Newton, rivaux en tout le reſte, & d'accord ſur cet objet, la matiere a en partage une inertie abſolue & univerſelle. L'action permanente du Créateur eſt la cauſe efficiente de tous les mouvemens quelconques de la matiere, de toutes ſes parties, de tous ſes compoſés, de tous ſes principes. Les diverſes ſubſtances matérielles ne ſont que la *cauſe occaſionnelle*, ne ſont jamais la *cauſe efficiente* des actions réciproques qu'elles exercent les unes ſur les autres.

« Je ſuppoſe d'abord, dit M. de Voltaire dans

» ses mêlanges de philosophie, que l'on convient » que la matiere ne peut avoir le mouvement » par elle-même : il faut donc qu'elle le reçoive » d'ailleurs. Mais elle ne peut le recevoir d'une » autre matiere ; car ce seroit une contradic» tion : il faut donc qu'une cause immatérielle » produise le mouvement. Dieu est cette cause » immatérielle : & on doit ici bien prendre garde » que cette axiome vulgaire, qu'*il ne faut point* » *recourir à Dieu en philosophie*, n'est bon que dans » les choses que l'on doit expliquer par les causes » prochaines physiques. Par exemple, je veux » expliquer pourquoi un poids de quatre livres » est contrepesé par un poids d'une livre : si je » dis que Dieu l'a ainsi réglé, je suis un igno» rant ; mais je satisfais à la question, si je dis que » c'est parce que le poids d'une livre est quatre » fois autant éloigné du point d'appui, que le » poids de quatre livres.

» Il n'en est pas de même des premiers prin» cipes des choses : c'est alors que ne pas recourir » à Dieu, est d'un ignorant. Car, ou il n'y a point » de Dieu, ou il n'y a de premiers principes que » dans Dieu. C'est lui qui a imprimé aux planetes » la force par laquelle elles vont d'occident en » orient. C'est lui qui fait mouvoir ces planetes » & le soleil sur leurs axes. Il a imprimé une loi à » tous les corps, par laquelle ils tendent tous » également à leur centre. Enfin il a formé des » animaux auxquels il a donné une force active » avec laquelle ils font naître du mouvement ».

75. ASSERTION I. *La matiere a une inertie intrinséquement inhérente à sa nature, une incapacité intrinseque & radicale de se donner le mouvement & l'action.*

DÉMONSTRATION. Soit que l'on consulte l'expérience, soit que l'on consulte la raison ; il conste que la matiere n'est qu'une puissance purement passive, capable de recevoir l'action & le mouvement, incapable de se les donner par une vertu intrinseque qui lui soit propre.

I°. L'expérience démontre l'inertie de la matiere. Car un bloc de marbre, un tas de terre, une piece d'or ou d'argent, un morceau de fer ou de bois, restent immobiles au même lieu & en la même situation, à moins qu'une cause étrangere ne les déplace : donc ces substances, qu'on voit & dans tous les tems & dans tous les lieux n'avoir d'action & de mouvement qu'autant que des causes étrangeres leur en impriment, n'ont en elles-mêmes & par elles-mêmes aucun principe intrinseque d'action & de mouvement : donc toute l'action & tout le mouvement que nous découvrons dans ces substances, est un mouvement & une action qui leur sont imprimés par une cause étrangere, quelle que soit cette cause.

Donc, par un jugement d'analogie, toutes les autres substances matérielles qui leur ressemblent, n'ont également par elles-mêmes aucun principe intrinseque d'action & de mouvement. Or quelles substances matérielles ne leur ressemblent pas, sur-tout dans l'hypothese aujourd'hui généralement reçue, d'une matiere homogene dans sa nature & différenciée par la seule diversité de ses masses & de ses configurations dans toutes les especes de corps ? (143.)

II°. La raison démontre à son tour l'inertie de la matiere. Car quelques efforts qu'aient faits jusqu'à présent les athées & les matérialistes,

pour attribuer à la matiere une action intrinſeque, capable de les diſpenſer de l'influence d'un Dieu auteur & moteur de la nature, ils n'ont jamais pu enfanter que des ſyſtêmes abſurdes, qui heurtent toutes les idées & toutes les notions que nous avons de la matiere.

Quelqu'idée qu'on ſe forme de la matiere, on la conçoit toujours néceſſairement comme une ſubſtance aveugle & paſſive; comme une ſubſtance indifférente à l'action & au défaut d'action, au mouvement & au défaut de mouvement; comme une ſubſtance capable de recevoir toutes les modifications poſſibles de mouvement & de configuration, mais incapable d'en prendre & de s'en donner aucune par elle-même. Donc, ſi l'on doit juger des choſes par les idées qu'on a des choſes, c'eſt-à-dire, par le principe fondamental de toutes nos connoiſſances (*Met.* 154); il conſte, par les idées que nous avons de la matiere, que la matiere n'a point eſſentiellement l'action & le mouvement par ſa nature; puiſqu'on la conçoit & qu'elle exiſte ſans action & ſans mouvement: que la matiere n'a point accidentellement le mouvement & l'action par ſon exigence intrinſeque & de ſon propre fond; ſans quoi il pourroit & il devroit arriver qu'un bloc de marbre ou de chêne ſe remuât de lui-même, quand il eſt en repos, ou s'arrêtât de lui-même, quand il eſt en mouvement: ce qu'il ſeroit évidemment abſurde d'affirmer ou de penſer.

III°. Nous avions déja obſervé & démontré dans notre métaphyſique, en conſultant & l'expérience & la raiſon, que la matiere eſt eſſentiellement incapable & de penſée & de ſenti-

ment (*Met.* 473) : que la matiere en repos ou en mouvement eſt abſolument incapable de produire par elle-même & comme cauſe efficiente, le mouvement dans une autre matiere (*Met.* 552). Nous venons d'obſerver & de démontrer ici que la matiere n'a point le mouvement en elle-même par ſon eſſence, & qu'elle ne peut prendre & ſe donner accidentellement le mouvement par elle-même ou par une vertu intrinſeque qui lui ſoit propre. D'où il réſulte que la matiere n'a & ne peut avoir par elle-même *aucune action quelconque :* que la matiere eſt à tous égards une ſubſtance purement paſſive, une ſubſtance capable de recevoir & incapable de ſe donner l'action & le mouvement ; une ſubſtance dont une inertie intrinſeque & radicale eſt en tout & par-tout l'apanage naturel. C. Q. F. D.

76. ASSERTION II. *L'action qui anime la nature ſur la terre & dans les cieux, a néceſſairement pour cauſe efficiente, l'action permanente de l'Être incréé & créateur.*

DÉMONSTRATION. Il eſt évident qu'il y a dans la nature viſible, une ſomme immenſe & permanente de mouvement : mais quelle en eſt la ſource & la cauſe ?

I°. Il eſt certain que le mouvement qui renouvelle ſans ceſſe la face de la terre, qui vivifie & perpétue la nature autour de nous, dans le regne animal, dans le regne végétal, dans le regne minéral, n'a pour cauſe efficiente, ni la matiere qui conſtitue notre globe, ni aucune autre matiere ſemblable ou diſſemblable : puiſque, ſelon l'aſſertion précédente, la matiere n'a par elle-même & de ſon propre fond, qu'une inertie ab-

solue & universelle, qu'une incapacité radicale & entiere de se mouvoir ou de mouvoir une autre matiere. Donc le mouvement qui anime notre globe terrestre, n'a & ne peut avoir évidemment pour principe, pour cause efficiente, que l'action permanente du Créateur.

Car quelle autre cause qu'une cause infinie & en intelligence & en puissance, pourroit & connoître & produire à chaque instant dans le globe que nous habitons, sans excès & sans défaut, le degré précis & la qualité convenable d'action qu'exige incessamment la nature dans toutes ses parties; par exemple, le degré précis d'action qui convient à une puissance méchanique, dont la force variable croît & décroît toujours comme ses leviers qu'elle ne mesure pas; le degré précis d'action qui convient à chaque corps terrestre, dont la force gravitante devient plus grande en allant de l'équateur vers les poles, devient plus petite en allant des poles vers l'équateur, augmente en s'approchant & diminue en s'éloignant du centre de la terre, toujours en raison inverse des quarrés de sa distance actuelle au centre de la terre, quarrés qu'elle ne connoît pas; le degré précis & la qualité convenable d'action, d'où doit résulter le juste équilibre des éléments, le conflit harmonique des solides & des fluides, le développement des germes, la formation & l'accroissement de tout ce qui vit & végete, l'éternel renouvellement de la nature: mysteres inconcevables, où les génies les plus profonds & les plus pénétrans ne comprenent rien?

II°. Il est certain que la lune en se mouvant autour de la terre, que les planettes & les co-

metes en se mouvant autour du soleil, ont chacune, sur tous les points de leurs courbes elliptiques, un mouvement projectile, toujours en raison inverse des distances de la même planete à son centre de mouvement; un mouvement centripete, toujours en raison inverse des quarrés des distances au même centre de mouvement; un mouvement centrifuge, toujours en raison inverse des cubes des distances au même centre de mouvement: comme nous l'expliquerons & le démontrerons dans la théorie des loix de Kepler (1273, 1298). Or, quelle autre puissance que la puissance de l'Être incréé & créateur peut produire & varier à chaque instant, selon des loix fixes & invariables, cette immense somme de mouvement dans les planetes & dans les cometes? Quelle autre intelligence, que l'intelligence infinie de l'être incréé & créateur, peut incessamment & toujours indéfectiblement connoître & déterminer la quantité précise d'accroissement & de diminution que doivent prendre à chaque instant tous ces mouvemens incessamment variables selon différentes loix, pour conduire & pour retenir chaque globe errant dans la route qui lui fut tracée, & dont il ne s'écarte précisément qu'autant que l'exigent les invariables loix auxquelles il est soumis (1307)? Donc il est certain & évident que le mouvement qui anime la nature & sur la terre & dans le ciel, n'a & ne peut avoir pour cause efficiente, que l'action permanente de l'Être incréé & créateur. C. Q. F. D.

Causes physiques.

77. OBSERVATION. Quoique les diverses

ſubſtances matérielles ne ſoient point la cauſe efficiente, mais ſimplement la cauſe occaſionnelle des actions réciproques qu'elles exercent les unes ſur les autres; elles n'en ſont pas moins la *vraie cauſe phyſique* de leurs effets : puiſqu'elles ne déterminent pas moins réellement l'exiſtence de ces effets, que ſi elles en étoient la vraie cauſe efficiente. Par exemple, la boule A, que je lance contre la boule B, n'eſt que la cauſe occaſionnelle du mouvement qui naît dans la boule B, au moment du contact & du choc. Mais ce mouvement qui naît dans la boule choquée, ne doit pas moins réellement & phyſiquement ſon exiſtence à la boule choquante, que ſi celle-ci en étoit la vraie cauſe efficiente : puiſque le Créateur, qui ne produit le mouvement qu'en conſéquence des conditions par lui poſées & des loix par lui établies, n'auroit point produit le mouvement dans la boule B, ſans le choc de la boule A.

C'eſt donc pour cette raiſon & à ce titre de *cauſalité occaſionnelle*, que les phyſiciens, même en convenant unanimement de l'inertie abſolue & univerſelle de la matiere, s'accordent généralement à donner le nom de *cauſe phyſique*, à toute ſubſtance qui occaſionne l'exiſtence d'un effet ou dans elle-même, ou dans une autre ſubſtance; quelle que ſoit l'occaſion de cet effet, ſoit une impulſion, ſoit une attraction, ſoit une affinité. Parmi les cauſes phyſiques,

I°. On appelle *cauſe particuliere*, une action iſolée, qui ſe borne à produire un effet iſolé. Tel eſt le choc d'une boule contre une autre : tel eſt l'effort d'un homme qui leve un fardeau.

II°. On appelle *cauſe générale*, une action com-

mune, qui convient ou peut convenir à tous les corps, & d'où naissent plusieurs especes d'effets. Telle est l'impulsion en général, qui occasionne une infinité d'effets de différente espece, & qui n'est étrangere à aucune espece de corps. Telle est aussi l'attraction en général : elle affecte tous les corps, & produit une foule de phénomenes dans la nature. Telle est encore l'affinité : il n'y a aucun corps qui n'ait une attraction spéciale à l'égard de quelque espece de corps.

III°. On appelle *causes primitives*, un effet général, qu'on observe constamment dans la nature, & auquel on ne peut assigner aucune cause d'où dépende ultérieurement son existence. Par exemple, la tendance qu'ont tous les corps les uns vers les autres, est un effet général, auquel on ne peut assigner aucune cause ultérieure : cet effet ou cette tendance est une cause primitive dans la nature. Par exemple encore, s'il y a dans la nature quelque fluide moteur, destiné à mettre en jeu les corps terrestres ou célestes par son choc, sans qu'aucun choc & qu'aucune autre cause ait occasionné le mouvement de ce fluide ; cet effet sans cause, ce mouvement principe, ce fluide en action & destiné à tout mettre en jeu & en action, sera une cause primitive dans la nature.

IV°. On rend raison de l'action des causes particulieres, par l'influence des causes générales & primitives : on ne rend raison des causes générales & primitives, que par la volonté du Créateur, qui a librement établi telles loix, tel ordre de choses ; parce que tel a été son bon plaisir. L'étude & le mérite de la physique consistent donc à observer & à découvrir selon

quelles loix s'exercent les actions réciproques entre les diverses substances matérielles, pour remonter, par l'observation des effets, à certaines causes générales qui donnent le branle à toute la nature, & dont on ne puisse donner d'autre raison, que la volonté libre du Créateur, lequel a voulu l'ordre présent de la nature, & non un ordre différent.

V°. Par l'observation des phénomenes, il conste qu'il y a trois causes générales & primitives, savoir, l'impulsion, l'attraction, l'affinité. Nous allons donner une notion des deux premieres dans le paragraphe qui suit : la troisieme sera l'objet du dernier paragraphe.

PARAGRAPHE SECOND.

L'IMPULSION ET L'ATTRACTION.

I°. *La loi d'impulsion.*

78. DÉFINITION. L'impulsion est le choc d'un corps, contre un autre corps. L'impulsion renferme donc & l'action du corps frappant, que l'on considere comme cause; & le mouvement produit dans le corps frappé, que l'on considere comme effet. L'impulsion est évidemment une cause générale & primitive dans la nature : quoiqu'on ne connoisse pas assez quelle est la matiere qui fait la fonction de premier moteur. Il paroît assez vraisemblable que le fluide igné est le principal agent primitif de la nature sur notre globe, dans les phénomenes qui dépendent de l'impulsion naturelle.

79. REMARQUE. Selon Descartes, la cause primitive

primitive & générale de tous les effets de la nature, c'eſt l'*impulſion*, de laquelle il fait naître & découler tous les phénomenes de l'univers. Demandez-lui pourquoi le marbre eſt un corps dur : il vous répond que cette *dureté* lui vient du repos de ſes parties les unes auprès des autres, repos ocaſionné par l'impulſion du fluide qui l'environne & qui preſſe ſes éléments les uns contre les autres. Demandez-lui pourquoi l'eau eſt fluide : il vous répond que cette *fluidité* a pour ſource l'impulſion du fluide qui eſt placé entre les éléments de l'eau, & qui tend à les écarter autant que le fluide environnant tend à les unir. Demandez-lui pourquoi un boulet de canon, qui s'échappe de votre main, tend vers le centre de la terre : il vous répond que cette *gravitation* eſt produite par l'impulſion du fluide environnant, lequel heurtant plus fortement ſon hémiſphere ſupérieur que ſon hémiſphere inférieur, le précipite vers le centre de la terre. Demandez-lui pourquoi les planetes décrivent des courbes autour du ſoleil : il vous répond que *ce mouvement* leur vient de l'impulſion du fluide dans lequel elles nagent, & qui leur imprime à la fois & un mouvement centrifuge & un mouvement centripete, dont le réſultat eſt la courbe qu'elles décrivent. Demandez-lui pourquoi ces mêmes planetes vont d'occident en orient, au lieu d'aller d'orient en occident, ou du nord au midi, ou du midi au nord : il vous répond que ces corps céleſtes ſont emportés *en ce ſens*, plutôt qu'en un autre, par l'impulſion & par la direction du fluide dans lequel ils ſont placés. Demandez-lui pourquoi ce fluide, dont l'inertie eſt le partage, a en lui-même cette impulſion &

cette direction : il vous repond que ce fluide tient cette impulsion & cette direction, non de sa nature, mais de la volonté libre du Créateur. Demandez-lui enfin pourquoi le Créateur a voulu imprimer telle impulsion & telle direction, plutôt que telle autre, au fluide qui donne le branle & l'action à tout l'univers : il vous répond que c'est sortir de la recherche des *causes physiques*, pour entrer dans la recherche des *causes finales* ; que le dernier terme dans la recherche des causes physiques, c'est l'impulsion primitive qu'a librement décerné le Créateur ; & que le Créateur a librement décerné cette loi d'impulsion, uniquement parce qu'il l'a voulu, & parce qu'il l'a jugé propre à l'exécution de ses grands desseins dans la formation & dans la conservation de la nature.

Il est sûr & incontestable que l'impulsion est une loi générale & primitive de la nature : mille & mille effets en démontrent l'existence. Mais l'impulsion est-elle la seule loi de la nature ; en sorte que tous les phénomenes terrestres & célestes naissent de cette seule loi ? Non ! Nous verrons que cette seule loi est insuffisante pour rendre raison d'une foule de phénomenes ; & que par conséquent, il faut nécessairement lui associer d'autres loix.

II°. *La loi d'attraction.*

80. OBSERVATION. Selon Newton, il y a dans la nature, outre la cause primitive qu'assigne Descartes, savoir l'*impulsion*, une autre cause primitive qu'il faut lui associer, savoir l'*attraction* : ensorte que ces deux causes pri-

mitives, indépendantes l'une de l'autre, se réduisent en derniere analyse à la volonté du Créateur; qui a librement décerné l'une & l'autre, pour être ou alternativement ou conjointement les deux grands mobiles de la nature ou de l'univers. Descartes, dans son faux systême du plein (1384), crut pouvoir expliquer tous les phénomenes, par la seule impulsion. Newton, après avoir démontré l'existence d'un vuide immense dans la région des planetes & des cometes, entre le soleil & les étoiles (1399), a fait voir que l'impulsion ne suffisoit pas pour rendre raison des grands phénomenes, & qu'il falloit nécessairement joindre à la loi d'impulsion, une loi d'attraction.

Mais qu'est-ce que cette attraction Newtonienne, dont le nom seul effarouche encore quelques prétendus philosophes? Est-ce quelque reste suranné ou quelque nouveau rejetton de ces *qualités occultes*, que l'immortel Descartes a éliminées du sol philosophique? Gardons-nous, pour nôtre honneur, de soupçonner le grand Newton d'une semblable démence! Les qualités occultes du péripatétisme, n'étoient que des *êtres factices & indéfinissables*, dont on n'avoit point d'idée; & qu'imaginoit stupidement l'aveugle pédantisme, pour voiler son impuissante ignorance, & pour se dispenser de donner des raisons, au lieu de mots vuides de sens & sans objet. L'attraction Newtonienne, si elle existe, n'a rien de commun avec ces ineptes rêveries: voici l'idée simple & lumineuse qu'on doit s'en former, en attendant que nous démontrions son existence, par des raisons victorieuses & irréfragables dans tout le traité de l'astronomie

physique qui termine cet ouvrage.

81. DÉFINITION. L'attraction, si elle existe, est un mouvement imprimé par le Créateur à des corps co-existans, en vertu duquel ces corps, dans le vuide comme dans le plein, sans l'impulsion d'une matiere étrangere, tendent réciproquement à s'approcher les uns des autres. La force attractive d'un corps est toujours proportionnelle à sa masse, ou à la quantité de particules qui le composent, & qui toutes sont attractives.

La co-existence de deux corps quelconques, par exemple, du soleil & de la terre, placés à des distances plus ou moins grandes l'un de l'autre au sein du vuide immense, voilà la cause occasionnelle de leur attraction, ou de leur tendance réciproque l'un vers l'autre. Le mouvement par lequel ces deux corps mus par le Créateur, tendent réciproquement & persévéramment à s'approcher l'un de l'autre, voilà leur attraction même. Qu'il faudroit être aveugle pour soupçonner dans ces idées, si simples & si lumineuses, quelque ressemblance avec les qualités occultes du péripatétisme, qu'on ne pouvoit ni définir ni concevoir!

Possibilité de l'attraction générale.

82. ASSERTION. *L'attraction réciproque & générale entre tous les corps, telle qu'on vient de la définir, est évidemment possible.* (fig. 3.)

DÉMONSTRATION. Soient deux globes A & B, qu'une double impulsion peut faire avancer l'un vers l'autre au point C.

I°. Dans les principes de l'impulsion, les deux

globes A & B ne ſe meuvent l'un vers l'autre que par l'action du Créateur, cauſe efficiente de tout mouvement (76); & ils ne ſont mus par l'action du Créateur, que parce que le Créateur a librement décerné en général au commencement des tems, de produire dans ces deux globes, *à l'occaſion de cette double impulſion*, un mouvement qui les porte l'un vers l'autre. Or il eſt évident que le Créateur a pu également décerner au commencement des tems, de produire dans ces deux globes, *à l'occaſion de leur ſimple co-exiſtence*, & ſans le ſecours d'aucune impulſion, un mouvement qui les porte l'un vers l'autre. Mais ce dernier mouvement eſt l'attraction: donc l'attraction eſt évidemment poſſible entre ces deux globes, ſoit dans le vuide, ſoit hors du vuide.

II°. Comme il eſt évident que le Créateur a pu décerner & établir entre ces deux globes A & B, un mouvement permanent d'attraction, occaſionné par leur ſimple co-exiſtence, dans le vuide ou hors du vuide; il eſt évident de même que le Créateur a pu décerner & établir également un ſemblable mouvement d'attraction entre tous les éléments de la matiere, ſans aucune autre cauſe occaſionnelle que la co-exiſtence de ces éléments, dans le vuide ou hors du vuide. Donc il eſt évidemment poſſible que tous les éléments de la matiere, épars ou réunis dans l'eſpace immenſe, aient les uns vers les autres une tendance occaſionnée par leur ſimple co-exiſtence: donc l'attraction réciproque & générale entre tous les éléments de la matiere, eſt évidemment poſſible. C. Q. F. D.

Différence de ces deux loix.

83. OBSERVATION. L'impulſion & l'attraction ſont les deux grands mobiles de la Nature, les deux cauſes phyſiques d'où émanent primitivement tous les grands phénomenes de l'univers. L'exiſtence de la loi d'impulſion eſt ſenſiblement démontrée par une foule de phénomenes, qui ſe préſentent ſans ceſſe à nos yeux : nous en déterminerons les regles & les loix particulieres dans la théorie du mouvement. L'exiſtence de la loi d'attraction n'eſt pas moins certaine & indubitable : mais on ne peut l'établir & la démontrer d'une maniere bien plauſible & bien triomphante, que par l'obſervation des phénomenes céleſtes ; ou ſeule elle eſt le lien & le reſſort de l'harmonie permanente de l'univers. Nous ſommes donc forcés de ſuppoſer dans tout le cours de cet ouvrage, l'influence d'un grand principe phyſique, dont l'exiſtence ne peut être bien dévoilée & bien démontrée que ſur la fin. Il y a entre la loi d'impulſion & la loi d'attraction, une différence eſſentielle, qu'il eſt néceſſaire de connoître & d'obſerver.

I°. La *force impulſive*, qui n'agit & ne peut agir qu'à l'occaſion & en vertu du contact, eſt une force conſtante & invariable : c'eſt toujours le produit de la maſſe par la vîteſſe.

II°. La *force attractive*, qui agit indépendamment du contact & à toute diſtance donnée, eſt une force qui varie avec les diſtances ; toujours la même, quand la diſtance eſt la même ; mais croiſſant & décroiſſant en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, quand la diſtance change. Par exemple : (*fig.* 3.)

Soit le corps A, qui dans le plein ou dans le vuide attire avec une force comme 1, le corps B distant d'un pied. A la distance d'un demi-pied en C, ce même corps A attireroit le corps B avec une force comme 4 : à la distance d'un quart de pied en F, ce même corps A attireroit le corps B avec une force comme 16.

Mais à la distance de deux pieds en D, ce même corps A n'attireroit le corps B, qu'avec une force comme $\frac{1}{4}$; à la distance de trois pieds, avec une force comme $\frac{1}{9}$; à la distance de quatre pieds, avec une force comme $\frac{1}{16}$; à la distance de dix pieds, avec une force comme $\frac{1}{100}$; & ainsi de suite à l'infini. La même chose arrive au corps B, relativement au corps A, qu'il attire à son tour, pendant qu'il en est attiré.

Succinte théorie de l'attraction.

84. OBSERVATION. Voici donc en précis, l'idée qu'on doit se former de l'attraction réciproque & générale des corps, d'après les découvertes & les démonstrations du grand Newton.

I°. *Tous les corps de l'univers, solides, ou liquides, ou fluides, ont réciproquement une force attractive les uns à l'égard des autres.* Par exemple, la terre attire le soleil, & le soleil attire la terre. (1411.)

II°. *Cette force attractive, mutuelle & réciproque, est toujours proportionnelle aux masses attirantes :* de sorte que si l'attraction réciproque s'exerce entre deux corps dont l'un ait dix fois plus de masse que l'autre ; la force attractive du premier relativement au second, sera dix fois plus grande que la force du second relativement au premier : de sorte encore que si ces deux corps

cedent librement à la force attractive qui agit sur eux, le corps dix fois plus petit & dix fois plus attiré, s'approchera comme 10 du plus grand; tandis que le plus grand ne s'approchera que comme 1 du plus petit.

III°. *Cette force attractive d'un corps quelconque, croît ou décroît en raison inverse du quarré de sa distance actuelle au corps attiré:* par exemple, soit l'attraction active du soleil à l'égard de la terre, actuellement comme 1. Si la terre perdoit la moitié de sa distance au soleil, l'action attractive de cet astre deviendroit quatre fois plus grande. Si la terre étoit portée à une distance double, l'action attractive du soleil deviendroit quatre fois plus petite qu'elle n'est actuellement: & ainsi du reste.

Telles sont les fameuses loix de l'attraction qu'à découvert & démontré l'immortel Newton, & que nous démontrerons d'après lui dans l'astronomie physique (1407); sans nous allarmer d'un reste de fanatisme suranné qui combat encore contre elles, & qui s'efforce absurdement de leur imprimer un ridicule que la philosophie & la raison réfléchissent efficacement vers la source d'où il découle.

Les mauvaises plaisanteries & les mauvais raisonnemens qu'on a faits en France contre les admirables découvertes de Newton, dit un auteur célebre (*), seroient la honte de la nation; si ceux qui les ont faits n'étoient pas l'opprobre de la philosophie.

(*) M. de Voltaire.



PARAGRAPHE TROISIEME.

LA LOI D'AFFINITÉ.

85. DÉFINITION I. On nomme *affinité* chez les chymiſtes, la tendance qu'ont les parties intégrantes ou conſtituantes des corps, les unes vers les autres ; & la force qui les fait adhérer enſemble lorſqu'elles ſont unies. Il conſte par une infinité d'expériences, que cette tendance & cette force exiſtent : quelle qu'en ſoit la cauſe, que nous chercherons bientôt. L'affinité chymique eſt ou ſimple, ou compliquée.

86. DÉFINITION II. *L'affinité eſt ſimple*, quand elle s'exerce ou entre les parties intégrantes d'un même corps ; c'eſt ainſi que les parties intégrantes du mercure s'attirent entre elles : ou entre les parties intégrantes de deux différens corps ; c'eſt ainſi que les parties intégrantes de l'eau attirent les parties intégrantes du ſel commun, qu'elles mettent & tiennent en diſſolution.

87. DÉFINITION III. *L'affinité eſt compliquée*, quand deux ſubſtances différentes, unies entre elles par leur affinité ou tendance naturelle, s'uniſſent à quelque nouvelle eſpece de ſubſtance. Il peut arriver,

I°. Que deux ſubſtances unies entre elles par leur affinité, s'uniſſent encore à une troiſieme, à une quatrieme, à une cinquieme eſpece de ſubſtance, en vertu de l'affinité qu'elles avoient & qu'elles conſervent encore avec ces nouvelles ſubſtances. C'eſt ainſi que l'eau, ſaturée de ſel marin, eſt encore en état de s'unir avec du ſucre, avec du nitre, avec d'autres ſels, avec

d'autres corps auxquels elle eſt naturellement diſpoſée à s'unir.

II°. Que deux ſubſtances, qui ſéparées n'ont aucune affinité ſenſible avec une troiſieme ſubſtance, acquierent par leur union, une affinité marquée avec cette troiſieme ſubſtance. C'eſt ainſi que l'acide nitreux & l'acide marin, qui n'ont ſéparément aucune action ſur l'or, unis & combinés enſemble, diſſolvent l'or par l'affinité qu'ils acquierent avec ce métal en vertu de leur union.

III°. Que deux ſubſtances, unies entre elles par leur affinité, perdent cette affinité entre elles dans leur mêlange avec une troiſieme ſubſtance, laquelle s'unit à l'un des deux principes, & force l'autre à s'en ſéparer. C'eſt ainſi que ſi, après avoir diſſous quelques petites feuilles d'argent dans de l'eau-forte, on met dans cette diſſolution quelques petites feuilles de cuivre; l'eau-forte s'unit au cuivre qu'elle diſſout, & ſe ſépare de l'argent qui ſe précipite au fond du verre. De là l'origine des précipitations chymiques.

Exiſtence des affinités chymiques.

88. OBSERVATION. On ne peut ſe diſpenſer de reconnoître dans la nature, des *affinités*, des *attractions ſpéciales* entre certains corps, qui ne paroiſſent point découler des loix de l'impulſion & des loix de l'attraction générale : les plus célebres phyſiciens, les plus grands chymiſtes, en ont connu & ſenti l'exiſtence.

I°. Quelques-uns ſe ſont bornés à regarder ces affinités ou ces attractions ſpéciales, comme

l'effet de tout autant de propriétés particulieres de la matiere, dont on ne pouvoit rendre aucune raison, sinon que telle est sa nature : ce qui est ramener directement la physique au regne des qualités occultes ; & attribuer à la matiere une intelligence, une action, une vertu qui répugnent à sa nature. (75, 76.)

II°. Quelques autres ont tenté de rapporter ces phénomenes aux loix communes de l'impulsion & de l'attraction, & n'ont abouti qu'à en démontrer l'insuffisance. L'impulsion existe dans la nature : mais son action ne peut rien avoir de commun avec une foule de phénomenes que nous présente la nature ; comme nous le ferons voir bientôt. L'attraction générale, l'attraction bornée à être toujours, relativement à tous les corps sans distinction, en raison directe des masses & en raison inverse des quarrés des distances (84), joue le plus beau rôle dans le ciel : mais elle n'est propre qu'à se donner en spectacle risible sur la terre, quand on veut lui attribuer des phénomenes où elle n'entre & ne peut entrer pour rien.

III°. Un plus grand nombre attribue les différens phénomenes d'affinité, à une *loi spéciale d'attraction* entre certaines especes de corps ; loi distinguée & indépendante, du moins en partie, de l'attraction générale en raison directe des masses & en raison inverse des quarrés des distances : voici l'idée qu'on peut & qu'on doit se former de cette cause.

Idée des attractions spéciales.

89. OBSERVATION. Selon les plus célebres

physiciens & les plus grands chymistes de nos jours; le Créateur, qui a établi l'ordre & l'état présent de la nature, qui a voulu l'existence permanente de tels & tels phénomenes d'affinité, a décerné sans doute, au commencement des tems, que les corps analogues, en contact ou sur le point du contact, auroient une tendance spéciale les uns vers les autres; & que cette tendance seroit d'autant plus grande, que l'analogie & la contiguïté des éléments seroient plus parfaites.

Ainsi, dans cette hypothese, deux éléments de matiere s'attirent réciproquement sur le point du contact, ou adhérent plus ou moins fortement entre eux dans le cas de contiguïté; non en vertu d'une force qui leur soit intrinseque, non en vertu d'une impulsion qui les porte l'un vers l'autre, non en vertu de la loi générale d'attraction qui affecte indifféremment tous les corps; mais en vertu d'une volonté primitive du créateur, qui a décerné que tels corps plus ou moins analogues auroient telle tendance les uns vers les autres, uniquement au moment de leur contact, ou sur le point très-prochain de leur contact.

Possibilité des attractions spéciales.

90. HYPOTHESE. *L'auteur de la nature, qui a établi une loi d'attraction relative à la différence des distances, n'auroit-il pas pu établir une loi d'attraction relative à la différence des éléments?* (fig. 4.)

EXPLICATION. Le Créateur qui a décerné que l'élément M attireroit plus fortement l'élément N qui est plus voisin, que l'élément A qui est

plus éloigné ; n'a-t-il pas pu décerner également qu'à une diſtance infiniment petite, & *ſur le point du contact* uniquement, le même élément M attirât plus puiſſamment dans une proportion quelconque, l'élément N qui lui reſſemble, que l'élément R qui ne lui reſſemble pas ?

Il eſt évident que cette idée ne renferme rien d'impoſſible : ſuppoſons-la réelle. De cette ſuppoſition, qui n'eſt qu'une modification nouvelle de la loi générale d'attraction, découlera l'explication d'une foule de phénomenes de la nature, dont il paroît impoſſible de rendre aucune autre raiſon. Dans cette hypotheſe, dont tout ce paragraphe montrera les ſolides fondemens, la loi d'attraction, toujours proportionnelle aux maſſes, ſe réduiroit ſimplement dans ſes variations, à deux modifications différentes :

I°. A agir en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, relativement à tous les éléments quelconques, ſoit dans le cas de contiguïté, ſoit hors du cas de contiguïté. C'eſt la *loi générale d'attraction*, qui affecte univerſellement & indiſtinctement tous les corps & toutes les diſtances.

II°. A agir relativement à certains éléments plus analogues, ſeulement ſur le point du contact ou dans le cas de contiguïté, dans une autre proportion encore inconnue, mais propre à augmenter immenſément l'attraction précédente à l'égard de ces éléments analogues, contigus ou prêts à être contigus. Ce ſeroit la *loi ſpéciale d'attraction* reſtreinte à certaines eſpeces de corps analogues entre elles, dans le ſeul cas de la contiguïté ou de l'infiniment petite diſtance.

La premiere de ces deux loix, ou la loi générale d'attraction, eſt indubitablement la cauſe

physique de la tendance des corps quelconques vers certains centres communs; de la gravitation des planetes & des cometes vers le soleil; de la gravitation des satellites de Saturne ou de Jupiter vers leur planete principale; de la gravitation de la lune & des corps terrestres vers le centre de la terre. (1441.)

La seconde de ces deux loix, ou la loi d'attraction spéciale, pourroit être la cause physique de la tendance singuliere & frappante de certains éléments vers d'autres éléments analogues, uniquement dans le cas de contiguïté ou d'une très-grande proximité. Par exemple, je débouche une bouteille de biere; & à l'instant cette liqueur s'élance en torrent écumeux hors de la bouteille, contre l'exigence de sa gravitation naturelle. D'où peut venir ce phénomene, sinon d'une attraction spéciale & très-marquée entre les molécules de l'air & certaines molécules de cette liqueur, au moment où ces deux especes analogues & sympatisantes deviennent contiguës, & peuvent s'attirer en liberté? Mais on verra par la suite de ce paragraphe, qu'envain on chercheroit à assigner quelqu'autre cause à ce phénomene, ou à mille autres phénomenes semblables.

Cause efficiente des attractions spéciales.

91. COROLLAIRE. En supposant réelle la loi d'attraction spéciale dont nous venons de donner une idée, *la tendance particuliere qu'ont certains corps analogues les uns vers les autres, a pour cause efficiente l'action du créateur*, lequel, en conséquence de la loi par lui portée & de l'ordre

par lui établi, imprime ce mouvement aux corps analogues à l'occaſion de leur co-exiſtence, de leur analogie, de leur contiguïté ou de leur très-grande proximité. Ainſi, pour donner des définitions ſimples & lumineuſes ſur tous ces objets :

I°. Cette tendance particuliere qu'ont entre eux certains éléments infiniment peu éloignés les uns des autres, eſt un mouvement qui leur eſt imprimé par le Créateur, ſeule cauſe efficiente de tout mouvement dans la nature. (76.)

II°. Ce mouvement a pour cauſe occaſionnelle, conſéquemment à la volonté primitive & toujours ſubſiſtante du Créateur, la co-exiſtence & la très-grande proximité des éléments qui forment ces corps plus ou moins analogues. Quand la proximité s'eſt convertie en contiguïté, la tendance réciproque ſubſiſte & produit une adhéſion ou une réſiſtance à la ſéparation. Plus l'analogie & la contiguïté ſont parfaites, plus eſt grande & la tendance & l'adhéſion qui réſulte de cette tendance.

92. OBJECTION. L'attraction ſpéciale, ou l'affinité des corps, a bien l'air d'un de ces êtres fabuleux que l'imagination enfante pour expliquer des phénomenes dont la raiſon ignore la cauſe : n'a-t-elle pas du moins un peu trop d'affinité & d'analogie avec les qualités occultes du péripatétiſme ? D'ailleurs en quoi peut conſiſter l'analogie des éléments deſtinés à s'attirer réciproquement ? C'eſt certainement ce qu'on ne peut expliquer.

RÉPONSE. L'affinité que nous ſuppoſons dans la nature, avec les plus célebres & les plus profonds chymiſtes, eſt démontrée par un nombre innombrable de phénomenes qu'on ne peut attri-

buer qu'à cette cauſe : comme le feront voir les expériences & les obſervations ſuivantes. Ainſi l'exiſtence de cette loi d'affinité eſt démontrée, comme l'exiſtence d'une loi d'impulſion, d'une loi de gravitation, par les effets. S'il faut d'autres preuves pour faire voir que ces loix ne ſont point des phantomes de l'imagination, il n'y a plus rien de certain & d'aſſuré dans la phyſique.

II°. Il eſt évident qu'il n'y a rien d'occulte, rien d'obſcur, dans la définition ſimple & lumineuſe que nous venons de donner & de la cauſe & de la nature des affinités. Il eſt clair par conſéquent que la tendance réciproque & particuliere qu'ont certains corps entre eux, ne préſente rien de commun avec les qualités occultes du péripatétiſme ; qualités dont on ne donnoit aucune idée, qu'on ne pouvoit ni définir, ni concevoir.

Quand nous traiterons au long de l'attraction générale, nous réſoudrons quelques vaines difficultés (1422), qui lui ſont communes avec l'attraction ſpéciale dont il eſt ici uniquement queſtion.

III°. Comme nous ne pouvons obſerver en eux-mêmes les éléments primitifs des corps, que leur infinie petiteſſe ſouſtrait néceſſairement à nos regards aidés des meilleurs microſcopes ; il n'eſt pas en notre pouvoir de déterminer quelle eſt la figure & la qualité des éléments analogues, des éléments qui ont entre eux une affinité plus marquée ſur le point du contact. Mais il n'eſt pas moins certain qu'il y a des éléments qui ont plus d'affinité, plus d'analogie entre eux, qu'ils n'en ont avec certains autres.

Il

Il eſt aſſez vraiſemblable que les éléments parfaitement ſemblables & homogenes ont tous une grande affinité entre eux ; delà l'attraction de deux gouttes d'eau, de deux petites portions de mercure : mais que certains éléments homogenes ont auſſi une aſſez grande affinité avec des éléments d'une nature différente ; delà l'attraction de l'eau à l'égard des ſels ; de l'air à l'égard de l'eau qu'il éleve en vapeurs, de différentes liqueurs qu'il diſſipe & qu'il abſorbe. Ce rapport mutuel, cette convenance réciproque des éléments homogenes ou hétérogenes, c'eſt ce que nous nommons leur *analogie* : quelle que ſoit & la figure & la grandeur & la qualité qui leur donne ce rapport & cette convenance.

PROPOSITION GÉNÉRALE.

93. *Il conſte par une foule de phénomenes, qu'il y a dans la nature, des affinités ou des attractions particulieres, leſquelles ne peuvent s'expliquer d'une maniere ſatisfaiſante, que dans l'hypotheſe d'une loi ſpéciale d'attraction entre certaines eſpeces d'éléments ſur le point du contact ou dans l'état de contiguïté : donc une telle loi d'attraction exiſte.*

EXPLICATION. Nous prions nos lecteurs de ne pas céder ſubitement & ſans examen, à un certain inſtinct qui révolte d'abord toutes les puiſſances de l'ame, contre une vérité philoſophique que nous n'avons nous-mêmes adoptée, qu'après avoir tenté vainement pendant pluſieurs années de la méconnoître, de la combattre, de la détruire.

Dans la propoſition générale qui renferme cette vérité philoſophique, ſi l'antécédent eſt

vrai, il eſt clair que la conſéquence eſt certaine & indubitable; puiſque toute cauſe eſt démontrée par ſes effets : il s'agit donc ici uniquement d'examiner la vérité de cet antécédent.

Preſque tous les phénomenes de la phyſique & de la chymie, nous fourniſſent des preuves triomphantes & déciſives en faveur des affinités ou des attractions ſpéciales; affinités ou attractions indépendantes de la loi d'impulſion & de la loi générale d'attraction. Nous allons choiſir & expoſer, parmi ces phénomenes, les plus connus & les plus intéreſſans, les plus propres par là même à rendre ſenſible la vérité que nous venons d'énoncer, & que nous avons à établir.

PREMIERE PREUVE.

Phénomenes de l'attraction de l'eau.

94. DESCRIPTION. L'*Eau*, parfaitement pure, eſt un fluide diaphane, incompreſſible, ſenſible & palpable, très-fuſible & très-volatil, inaltérable & indeſtructible dans ſa nature, ſans couleur, ſans odeur, ſans ſaveur, ſans reſſort ou ſans élaſticité. Les parties intégrantes de cet élément ont toujours réſiſté efficacement à tous les efforts qu'a fait la chymie pour les décompoſer : ce qui prouve que l'eau eſt un des corps les plus ſimples de la nature, ſi elle n'eſt pas le plus ſimple de tous. Mais, à raiſon de ſon affinité avec les différentes ſubſtances, il eſt rare qu'elle ſe trouve parfaitement pure; & dans ce cas, la chymie peut en extraire, par la voie de la diſtillation ou de l'évaporation, les corps qui lui ſont étrangers; tels que certains ſables & certains ſels.

95. ASSERTION. *L'eau paroît avoir une force attractive spéciale, indépendante de la loi générale d'attraction.* Deux expériences vont établir la vérité de cette assertion.

96. EXPÉRIENCE I. Après avoir bien trempé dans l'eau un morceau de bois de sapin, suspendez-le par une ficelle à une petite balance, & mettez-le en équilibre avec un poids opposé : approchez ensuite par-dessous, un vase plein d'eau ; ensorte que la surface de l'eau vienne atteindre l'extrêmité de ce morceau de sapin.

Vous observerez, en premier lieu, que le sapin s'enfonce dans l'eau ; & que, loin de devenir plus léger, selon les loix communes de l'hydrostatique, il devient au contraire plus pesant que le poids qui étoit auparavant en équilibre avec lui. M. Taillor, qui fit le premier cette expérience, eut besoin d'une force ou d'un poids de 50 grains, pour rétablir l'équilibre. Vous observerez, en second lieu, qu'en élevant doucement ce morceau de sapin, l'eau s'éleve avec lui jusqu'à une hauteur considérable ; & forme entre le reste de l'eau & l'extrêmité du sapin, une petite colonne qui y demeure suspendue. Les deux mêmes effets ont encore lieu plus ou moins sensiblement, quand en place du bois de sapin, on emploie un autre corps solide ; comme du chêne, du fer, de l'argent.

EXPLICATION. A quelle force attribuera-t-on ces deux effets, si ce n'est à une *attraction spéciale* entre les éléments de l'eau d'une part, & les éléments du sapin ou les éléments de l'eau imbibée dans le sapin, de l'autre ?

I°. La *matiere tourbillonnante* des Cartésiens,

cette brillante chimere qui ſe dément en mille manieres, & que nous détruirons ailleurs de fond en comble, ſe trouve ici viſiblement en défaut. 1°. La matiere tourbillonnante ne peut pas élever l'eau en colonne vers la baſe du morceau de ſapin exhauſſé : cauſe de la peſanteur, ſelon les diſciples de Deſcartes, il faudroit qu'elle eût à la fois & une tendance ſpéciale vers le bas pour produire la peſanteur, & une tendance ſpéciale vers le haut pour produire cette élévation de la colonne d'eau. 2°. La matiere tourbillonnante ne peut pas contribuer à la fois à enfoncer le bois dans l'eau, & à élever l'eau au-deſſus de ſa ſurface à meſure que le bois s'y enfonce : il lui faudroit encore ici une double action contraire, une vertu d'élever, & une vertu d'abaiſſer.

II°. L'*attraction générale*, proportionnelle aux maſſes & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, ne peut produire dans deux corps placés près de la ſurface de la terre, aucun mouvement ſenſible qui les emporte l'un vers l'autre : comme il conſte par la théorie même de l'attraction, & comme en conviennent tous les Newtoniens. Donc ſi l'attraction a quelque influence, comme on n'en peut douter, ſur les deux phénomenes dont il eſt ici queſtion, il eſt conſtant que cette attraction doit être *une loi ſpéciale*, relative aux différentes eſpeces d'éléments ſur le point du contact.

Le célebre abbé Sigorgne, ce ſublime & profond interprete du grand Newton, reconnoît avec lui que l'attraction en raiſon directe des maſſes & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, ne ſuffit pas pour expliquer une foule

de phénomenes de la nature. Il ſuppoſe en conſéquence, que l'attraction agit à l'égard de tous les corps indiſtinctement, en raiſon inverſe des *quarrés* des diſtances, quand la diſtance eſt notable; & en raiſon inverſe des *cubes* des diſtances, quand la diſtance eſt infiniment petite. Mais cette augmentation de force dans l'attraction, affectant également toutes les eſpeces de corps, ne peut nullement ſatisfaire aux divers phénomenes d'affinité ou d'attraction ſpéciale qu'on obſerve par-tout dans la nature, & pour leſquels uniquement elle ſeroit néceſſaire.

97. EXPERIENCE II. Une goutte d'eau, ſur un plan horiſontal de marbre, ou de cuivre, ou de bois verniſſé, au lieu d'étendre ſa ſurface ſelon le niveau qu'affectent les liquides, prend une forme à peu près ſphérique. (*fig.* 5.)

EXPLICATION. D'où peut venir à cette goutte d'eau, la figure ſphérique qu'elle prend, ſi ce n'eſt de l'attaction ſpéciale de ſes parties intégrantes entre elles; attraction qui la ſouſtrait à la loi générale de l'hydroſtatique, en vertu de laquelle les liquides ont leurs ſurfaces ſupérieures de niveau. La preſſion de l'air ou de la matiere ſubtile, ne peut influer en rien dans ce phénomene: puiſque ces fluides agiſſent néceſſairement avec des forces égales en tout ſens; & que les preſſions latérales *m d*, *n b*, étant détruites par les preſſions verticales *c a*, les éléments de cette goutte d'eau reſtent réduits à leur ſimple action particuliere, en vertu de laquelle les éléments *d b c* devroient ſe précipiter vers *r s*, & prendre tous une ſurface de niveau, s'ils n'avoient pour action que leur tendance générale vers le centre de la terre. Or ils ont une tendance

vers le centre particulier de la goutte qu'ils forment : donc cette tendance vers ce centre particulier *x*, doit avoir pour cauſe une attraction ſpéciale entre ces éléments.

De la même cauſe naît la figure ſphérique des gouttes de pluie & de roſée, l'attraction de deux gouttes d'eau contiguës qui ſe transforment en une ſeule goutte un peu moins ſphérique.

98. REMARQUE I. Les petites portions de mercure prennent une forme plus parfaitement ſphérique encore, que les gouttes d'eau : ſoit parce que le mercure étant environ quatorze fois plus denſe que l'eau, il a beaucoup plus d'attraction à raiſon de la plus grande ſomme & de la plus grande contiguïté de ſes éléments ; ſoit parce que le mercure ayant moins d'affinité que l'eau avec les corps ſur leſquels il repoſe, l'action attractive eſt moins détruite dans le mercure que dans l'eau par l'attraction oppoſée des ſubſtances qui le ſoutiennent.

99. REMARQUE. II. Un pied cube d'eau verſée doucement & goutte à goutte ſur une table horiſontale, ou dans un baſſin, ne prend pas & ne doit pas prendre, comme la goutte d'eau iſolée, une figure ſphérique : & voici la raiſon de cette différence. (*fig.* 5.)

I°. Chaque élément *a b c d* d'une goutte d'eau a une double attraction ; l'une, de tendance ou de gravitation vers le centre de la terre ; l'autre, de tendance vers les éléments contigus ou voiſins. En vertu de la premiere attraction, fruit de la *loi générale*, tous les éléments de cette goutte d'eau tendent à ſe mettre à égale diſtance *r s* du centre de la terre : en vertu de la ſeconde attraction, fruit de la *loi ſpéciale*, ces mêmes éléments

tendent à se mettre les uns auprès des autres à égale diſtance d'un centre commun *x*, pris dans cette goutte d'eau. La premiere attraction lutte donc contre la ſeconde, & tend à la détruire. Mais comme la premiere attraction, toujours proportionnelle aux maſſes, eſt très-peu conſidérable dans une fort petite goutte d'eau; elle ſe trouve aſſez foible pour être vaincue en très-grande partie par la ſeconde attraction, qui eſt dans toute ſa force à raiſon de la très-grande proximité de toutes les parties. Cette ſeconde attraction, qui doit produire la rondeur, obtient donc plus ou moins parfaitement ſon effet; & la goutte d'eau eſt plus ou moins parfaitement ſphérique.

II°. Si on ſuppoſe maintenant en *m* & en *n* deux nouvelles gouttes d'eau; ces deux gouttes, par leur propre attraction, attireront l'une l'élément *d* vers *m*, l'autre l'élément *b* vers *n*. La tendance des éléments *d* & *b* vers le centre de la goutte *a b c d*, ſera donc partagée & diminuée; & les éléments *c*, en vertu de leur gravitation qui n'a plus le même obſtacle à vaincre, ſe précipiteront vers la ſurface inférieure *m n*. Ainſi un grand volume d'eau ne doit pas prendre une ſurface ſphérique: parce que dans un grand volume d'eau la gravitation commune, proportionnelle à la maſſe, détruit par-tout victorieuſement l'attraction ſpéciale des diverſes gouttes entre elles. Comme les gouttes éloignées *m* & *n* ne peuvent pas avoir une contiguïté immédiate entre elles, & que l'*attraction ſpéciale* dépend de la contiguïté ou du moins de la très-grande proximité; la force attractive des gouttes entre elles ne croît point & ne doit point croître pro-

portionnellement à la maſſe d'eau. Dans une grande maſſe d'eau, la gravitation générale, qui lutte contre l'attraction particuliere, doit donc en détruire ſenſiblement tout l'effet, par ſon excès de force. La même différence a lieu dans un grand volume de mercure & de tout autre liquide, & pour les mêmes raiſons.

100. REMARQUE III. Cette *attraction ſpéciale* eſt proportionnelle aux maſſes attractives, en tant que contiguës, & non en tant que non-contiguës : la raiſon en eſt, que cette force attractive dépend de la contiguïté. Ainſi le morceau de ſapin de la premiere expérience précédente, ſera attiré par une force comme 1, s'il eſt touché par une ſurface d'eau comme 1; ſera attiré par une force comme 10, s'il eſt touché par une ſurface d'eau dix fois plus grande. Mais la partie de cette maſſe d'eau, qui n'a point de contact, ſoit qu'elle ait plus ou moins de largeur, ſoit qu'elle ait plus ou moins de profondeur, n'exerce aucune vertu attractive ſur le ſapin : parce qu'elle manque de la condition d'où dépend ſon action.

SECONDE PREUVE.

Phénomenes des diſſolutions chymiques.

101. DÉFINITION. La *diſſolution des corps* eſt une opération par laquelle les parties intégrantes d'un corps, s'uniſſent & ſe combinent avec les parties intégrantes d'un autre corps de nature différente; enſorte que de cette union & de cette combinaiſon il réſulte un nouveau compoſé, qui participe de la nature des deux corps diſſouts l'un par l'autre.

On voit, par cette définition, que la ſimple diviſion ou ſéparation des parties intégrantes d'un corps, n'eſt pas une diſſolution. L'or, devenu liquide par l'action du feu, eſt fondu, & non diſſous : pour que l'or ſoit diſſous, il faut que ſes parties intégrantes ſe combinent avec les parties intégrantes d'un autre corps; par exemple, du mercure ou de l'eau régale.

Quoique dans une diſſolution les deux corps, d'où réſulte le nouveau composé, contribuent réciproquement à l'action de la diſſolution ; on appelle *diſſolvant*, le corps dont les parties intégrantes ſont déja déſunies & fluides avant la diſſolution; & on nomme *diſſous*, le corps dont les parties ne ſe déſuniſſent que par l'acte même de la diſſolution ou de la combinaiſon des deux corps.

I°. *Diſſolution des ſels.*

102. DESCRIPTION. Les propriétés eſſentielles & caractériſtiques de toute ſubſtance qu'on doit regarder comme ſaline, ſont d'avoir de la ſaveur, d'être diſſolubles dans l'eau, d'avoir une peſanteur & une fixité moyennes entre celles de l'eau & celles de la terre pure. Tel eſt le ſel commun; tel eſt le ſucre.

Parmi la multitude preſque infinie de corps, dans leſquels on obſerve des propriétés ſalines, on a remarqué qu'il y en a un grand nombre de compoſés d'une ſubſtance ſaline par elle-même, & d'une ou de pluſieurs autres ſubſtances qui par elles-mêmes ne ſont point ſalines. C'eſt ſans doute cette obſervation qui a donné lieu au plus célebre & au plus profond des chymiſtes, à l'illuſtre Sthal, de ſoupçonner qu'il n'y a dans la

nature qu'un *ſeul principe ſalin*, qui ſe modifie en une infinité de manieres différentes, par ſon mêlange avec une foule de ſubſtances non ſalines : que ce principe ſalin unique eſt l'*acide vitriolique*, le plus actif & le plus inaltérable de tous les principes ſalins : & que cet acide vitriolique n'eſt lui-même qu'une combinaiſon d'un principe aqueux & du principe terreux intimément unis enſemble.

103. EXPERIENCE. Empliſſez environ juſqu'aux deux tiers de leur capacité, d'une eau pure de fontaine, trois gobelets de verre : mettez du ſel commun dans le premier, du ſucre dans le ſecond, du ſalpêtre dans le troiſieme.

EFFETS. L'eau diviſe & diſſout ces trois eſpeces de ſels en particules ſi ténues & ſi imperceptibles, qu'on ne peut les appercevoir à l'aide du meilleur microſcope : de ſorte qu'après que ces trois eſpeces de ſels ſe ſont mêlées à l'eau, où elles ſe font ſentir au goût ; ſi on met ſous la lentille d'un microſcope une goutte extraite d'un de ces trois verres indifféremment, on ne voit ſimplement qu'une liqueur.

I°. L'eau diſſout & tient en diſſolution une quantité de ſel commun à peu près égale au quart de ſon poids ; après quoi ſon action eſt épuiſée ; & le nouveau ſel commun qu'on y mêle, reſte au fond en maſſe concrete, & ne s'y diſſout plus : c'eſt le point de ſaturation. Bouillante, elle n'en diſſout guere plus que froide.

II°. L'eau diſſout & tient en diſſolution une beaucoup plus grande quantité de ſucre : elle parvient donc beaucoup plus difficilement à l'égard du ſucre, qu'à l'égard du ſel commun, au point de ſaturation.

III°. L'eau froide diſſout une quantité déterminée de ſalpêtre : après quoi elle arrive au point de ſaturation, & n'en diſſout plus. L'eau bouillante diſſout une quantité incomparablement plus grande du même ſalpêtre : après quoi elle arrive enfin à un nouveau point de ſaturation, où elle ceſſe de diſſoudre le reſtant du ſalpêtre.

IV°. L'eau, ſaturée de ſel commun, eſt encore en état de diſſoudre une quantité plus ou moins grande de ſels différens, tels que le ſucre & le ſalpêtre : ſon action épuiſée relativement au premier ſel, conſerve donc encore une force pour diſſoudre des ſels différens.

104. ASSERTION. *Le phénomene de la diſſolution des ſels, ſemble dépendre uniquement de la loi d'affinité ou d'attraction ſpéciale entre l'eau & les ſels.*

DÉMONSTRATION. Le ſel commun, que nous prendrons ici pour exemple général, plus peſant que l'eau, ſe précipite d'abord en maſſe & ſous forme concrete, àu fond du vaſe où l'eau eſt contenue. Comment remonte-t-il dans toute la maſſe de l'eau, juſqu'à la ſurface la plus élevée? On voit d'abord qu'il s'agit ici d'un grand phénomene, qui a trait aux deux tiers de la ſurface de notre globe; puiſque les deux tiers de cette ſurface ſont formés par l'eau ſalée de la mer.

I°. Ce ſel, placé au fond du vaſe, n'eſt point diſſous & exalté par l'action d'une *matiere tourbillonnante* : cauſe de la dureté & de la peſanteur des corps, ſelon les Cartéſiens, comment ſeroit-elle en même tems cauſe de la diviſion & de l'exaltation des mêmes corps? Ce ſeroit attribuer à cette cauſe fabuleuſe, une double vertu diamétralement oppoſée.

II°. Ce fel n'eft point diffous & exalté en vertu de l'*attraction générale*, commune à tous les corps indiftinctement. Car quelque force attractive que l'on fuppofe entre l'eau & le fel au point de contact; comme cette attraction affecte indifféremment tous les corps, elle ne peut tendre qu'à les unir plus fortement entre eux indiftinctement: elle ne doit aboutir qu'à unir l'eau avec le fel qu'elle touche, au lieu de défunir & de difperfer les molécules de ce fel dans toute la maffe de l'eau.

III°. Ce fel n'eft point diffous & exalté par la fimple action du feu ou de la chaleur: puifqu'un thermometre plongé dans une eau de fontaine, ne monte point quand on y met diffoudre du fel. L'action de la chaleur qui ne le diffout pas hors de l'eau, ne le diffout donc pas dans l'eau où elle n'eft pas plus grande.

IV. Ce fel n'eft point diffous & exalté par le poids & la gravitation de l'eau. 1°. Comment le poids & la gravitation de l'eau opéreroient-ils *la féparation* des molécules du fel? On a beau fe figurer les éléments de l'eau, comme autant de petits coins qui s'infinuent entre les éléments du corps à divifer: il faut à ces petits coins une force impulfive ou attractive, qui les enfonce avec violence entre les éléments du corps à divifer. Or cette force peut-elle être autre chofe que la force d'attraction fpéciale entre ces petits coins aqueux & les molécules du fel à divifer: Le poids de l'eau fupérieure, lutte autant contre les molécules à divifer, que contre les petits coins deftinés à opérer la divifion: ce poids de l'eau eft donc évidemment une force nulle relativement à la diffolution du fel. Et d'ailleurs ce poids de l'eau,

ou telle autre vertu générale qu'on voudra imaginer dans l'eau, devroit opérer la séparation des molécules d'un morceau de cire, qui est un corps plus tendre, plutôt & plus aisément que la séparation des molécules d'un morceau de sel cristallisé, qui est un corps beaucoup plus dur : ce qui est contraire à l'expérience. 2°. Comment la gravitation de l'eau opéreroit-elle ensuite l'*exaltation* des molécules du sel ? En vain supposera-t-on les molécules du sel divisées en particules immensément atténuées : ces particules étant parties intégrantes d'un corps plus dense & plus pesant que l'eau, elles doivent conserver un excès de pesanteur sur l'eau, à moins qu'elles ne soient divisées en particules beaucoup plus petites que les molécules primitives de l'eau. Mais comment l'eau pourroit-elle diviser les molécules des sels, en particules plus petites que ses molécules ? Il est évident que les molécules de l'eau ne peuvent diviser un corps, qu'en s'insinuant à travers ses pores, entre ses parties unies ; & que les molécules de l'eau ne peuvent s'insinuer entre les parties d'une molécule de sel qui ne seroit que de leur grandeur : puisqu'une telle molécule de sel ne peut avoir des pores capables de donner entrée aux molécules de l'eau, qui seroient plus grandes ou aussi grandes qu'elle-même.

105. RÉSULTAT. Il semble donc qu'une masse de sel, placée au fond de l'eau, ne peut être *dissoute* & *exaltée* en particules imperceptibles, que par l'*attraction* ou l'affinité qui se trouve entre les éléments de l'eau & les éléments du sel.

Le sel, précipité d'abord au fond de l'eau, attire l'eau contiguë, & est attiré par l'eau con-

tiguë. L'eau contiguë au ſel, en vertu de ſa force attractive ſpéciale pour le ſel, s'inſinue avec violence dans ſes pores ; diviſe & détache ſes petites molécules ; ſe charge & ſe ſature de ſes particules diviſées & ſéparées de la maſſe.

La couche d'eau, voiſine de cette eau chargée & ſaturée de particules ſalines, exerce à ſon tour toute ſon action attractive contre les molécules ſalines, attirées & exaltées par la couche inférieure : elle s'en charge donc à ſon tour ; & en dépouillant la couche contiguë au ſel, elle la rend à ſa force attractive, & la met en état de continuer à attirer & à diviſer la maſſe du ſel.

Les couches d'eau, chargées de molécules ſalines, ſont donc ſans ceſſe dépouillées de leur ſel par les couches d'eau plus éloignées, qui n'ont encore rien perdu de leur force d'affinité ou d'attraction pour le ſel ; force qu'elles exercent toute entiere contre les molécules ſalines de la couche d'eau qui les avoiſine, laquelle a déja perdu une partie de ſa force attractive, proportionnelle à la quantité de ſel dont elle s'eſt emparée.

La couche d'eau, contiguë à la maſſe du ſel à diſſoudre, ſans ceſſe dépouillée du ſel qu'elle attire, & ſans ceſſe rendue à ſon avidité pour le ſel qu'elle touche, continue donc à diviſer & à abſorber les molécules de ce ſel : juſqu'à ce que toute la maſſe d'eau en ſoit pleinement ſaturée. C. Q. F. D.

106. REMARQUE I. Quand l'eau a attiré & abſorbé préciſément la quantité de ſel qu'elle appete, & qu'elle a épuiſé à cet égard toute ſa force attractive ; le ſel ſuperflu reſte en maſſe au fond du vaſe, & ne s'y diſſout plus, à moins

qu'on n'y verſe une nouvelle quantité d'eau, qui ſoit ſuffiſante pour achever la diſſolution. Le ſel ne change point de nature, par ſa diſſolution dans l'eau : chacune de ſes molécules, unie à une ou à pluſieurs molécules d'eau, conſerve la même nature de ſel qu'elle avoit dans la maſſe totale. Le ſel eſt donc diviſé par cette opération, ſans être décompoſé : il eſt partagé en ſes particules intégrantes, ſans aucune altération dans ſes parties conſtituantes.

107. REMARQUE II. L'eau ſaturée de ſel, & ſéparée du ſel ſuperflu qu'elle n'a pu diſſoudre, tient adhérent à ſes molécules, tout le ſel dont elle s'eſt chargée. Mais cette eau vient-elle à s'évaporer? à meſure que la quantité d'eau diminue, le ſel dont étoit ſaturée l'eau évaporée, ſe criſtalliſe & ſe précipite ſucceſſivement au fond du vaſe en petites maſſes ſemblables & régulieres ; & quand l'évaporation eſt entierement achevée, on trouve au fond du vaſe qui la contenoit, tout le ſel qu'elle avoit diſſous & exalté, entaſſé en criſtaux ſemblables & réguliers.

108. REMARQUE III. L'eau fait de même la fonction de *diſſolvant*, à l'égard d'un grand nombre d'autres corps ; c'eſt-à-dire, qu'elle les pénetre, qu'elle en écarte & en ſépare les parties intégrantes ; que ſouvent elle en rompt le nœud & l'union. C'eſt ainſi qu'elle diviſe les terres, les ſels, les ſucs des plantes : elle ſe charge de leurs particules diviſées ; & elle les tient ſéparées, tant qu'elle a une force ſuffiſante pour empêcher qu'elles ne ſe rejoignent. Cette propriété de l'eau, que l'action de l'air & du feu peut augmenter conſidérablement en mille circonſtances, a ſouvent pour cauſe principale & fonda-

mentale, l'affinité ou l'attraction qui se trouve entre l'eau & les substances qu'elle pénetre. Attirée par ces substances, & attirant ces substances à son tour, on conçoit facilement comment elle s'insinue entre leurs éléments, quand elle n'est pas arrêtée par une force supérieure ; comment elle tient ces éléments en dissolution, tant que sa force attractive n'est pas surchargée & épuisée.

109. REMARQUE IV. C'est par cette vertu attractive & dissolvante, que l'eau n'est presque jamais pure, & qu'elle tient presque toujours en dissolution quelques substances étrangeres à sa nature.

I°. En passant sur des masses de sel, répandues dans le sein de la terre, l'eau les dissout successivement, se charge de leurs molécules ; & forme des *sources salées.*

II°. En coulant sur la surface & dans l'intérieur de la terre, l'eau y détache & y saisit des particules terreuses, gypseuses, séléniteuses ; & forme des *eaux dures* ou des *eaux crues.*

III°. En se filtrant à travers différens minéraux, l'eau en détache une quantité plus ou moins grande de particules spiritueuses, sulphureuses, salines, métalliques, qu'elle tient en dissolution ; & forme des *sources minérales*, qui ont différentes vertus, selon la différence des principes qu'elles contiennent.

II°. *Autres especes de dissolutions.*

110. ASSERTION. *Les autres especes de dissolutions, ainsi que la dissolution des sels, semblent résulter uniquement de la loi d'affinité ou d'attraction*

tion ſpéciale, entre les parties intégrantes des corps qui ſe diſſolvent.

Cette aſſertion va être prouvée par la ſimple explication de quelques expériences, dont les phénomenes partent toujours de la même cauſe différemment modifiée.

111. EXPÉRIENCE I. Dans un verre à boire, mettez une très-petite monnoie de cuivre; & verſez dans ce verre environ une once d'*eau-forte*, laquelle n'eſt autre choſe que l'acide du nitre, ſéparé de ſon alkali.

EFFETS. Il ſe fait à l'inſtant dans le verre une efferveſcence & un bouillonnement ſenſibles. La liqueur s'inſinue, avec violence, dans les pores du cuivre, en diviſe & en exalte les parties. Elle s'échauffe & s'éleve en vapeur verdâtre; & à la fin, toute la petite piece de monnoie a diſparu, & ſes molécules diviſées ſe trouvent en diſſolution dans la maſſe d'eau-forte qu'elles colorent.

L'eau-forte opere à peu près les mêmes effets de diſſolution, ſur le fer, ſur le plomb, ſur tous les métaux, à l'exception de l'or & de la platine, qu'elle n'attaque point. Si avec la monnoie de cuivre, on met dans ce verre, dont on vient de parler, une petite piece d'or, tandis que le cuivre ſe diſſout, l'or n'eſt point attaqué par le diſſolvant.

112. EXPLICATION. Les éléments de l'eau-forte, que l'on peut regarder comme autant de petits tranchans ou de petits coins fort aigus, ſont portés, avec une violente impétuoſité, dans les pores & entre les molécules du cuivre; leſquelles ſe détachent ſucceſſivement de la maſſe,

pour s'unir aux molécules de la liqueur qui les touche, les assiege, les cerne, les absorbe.

I°. A quelle cause attribuer cette action impétueuse qui désunit des parties si adhérentes, si ce n'est à l'attraction spéciale qui se trouve entre les éléments du cuivre & les éléments de l'acide nitreux; attraction qui emporte avec violence les uns vers les autres, ces éléments analogues, & qui produit par le choc mutuel des parties, la chaleur dans la partie inflammable de ces deux substances?

II°. Aucune autre cause ne peut rendre raison de ces phénomenes; comme il seroit aisé de le faire voir, en développant encore l'insuffisance de la matiere tourbillonnante, de l'attraction générale, de l'action de l'air, de l'action de la chaleur qui est effet plutôt que cause: donc il est probable que la cause que nous assignons, en est la vraie cause. C. Q. F. D.

113. EXPERIENCE II. Dans un autre verre à boire, mettez ou une petite piece ou quelques petites feuilles d'or, & versez dans ce verre environ une demi-once d'*eau régale*, qui n'est qu'un mêlange d'acide nitreux & d'acide marin.

EFFETS. Les molécules de l'eau régale, comme autant de petits tranchans, s'insinuent avec violence à travers les pores de l'or, en divisent les éléments, se combinent avec eux, & les tiennent en dissolution dans toute la masse d'eau régale.

114. EXPLICATION. La cause de cette dissolution de l'or par l'eau régale, ne peut être que l'*attraction spéciale* entre les éléments de l'or & les éléments de l'eau régale. Toutes les autres causes étant inadmissibles dans l'explication de ce phénomene, comme dans tous les autres phénomenes des dissolutions, il est très-vraisembla-

ble que celle que nous aſſignons en eſt la vraie cauſe phyſique.

115. REMARQUE. Mais pourquoi l'eau-forte, qui ſeule diſſout l'argent, ſeule ne diſſout-elle pas auſſi l'or? Pourquoi enſuite l'eau régale, qui diſſout l'or, ne diſſout-elle pas l'argent? Quel changement peut opérer, relativement à ce double phénomene, le mêlange de l'acide nitreux avec l'acide marin?

116. EXPLICATION I. Quelques phyſiciens, pour rendre raiſon de ce double phénomene, ont recours à une diverſité de pores dans ces deux métaux : pores acceſſibles aux molécules de l'eau-forte dans l'argent, inacceſſibles aux mêmes molécules de l'eau-forte dans l'or : pores enſuite acceſſibles aux molécules de l'*eau régale* dans l'or, inacceſſibles aux mêmes molécules de l'eau régale dans l'argent. Mauvaiſe explication à toute ſorte d'égards! Car,

1°. En ſuppoſant réelle cette différence de pores, conçoit-on comment les pores de l'or, inacceſſibles aux molécules de l'acide nitreux, deviendront acceſſibles aux mêmes molécules de l'acide nitreux, quand ces molécules ſeront unies & combinées avec d'autres molécules qui ne les dénatureront point? C'eſt dire, ce me ſemble, qu'une épée ne peut pas pénétrer nue dans une ouverture donnée; mais que cette même épée y pourra pénétrer unie avec ſon fourreau, ou avec tel autre corps qui n'altere point ſa maſſe & ſa figure. Car dans les diſſolutions, les parties intégrantes des corps diſſous conſervent leur nature primitive, & par-là même, leur même figure & leur même maſſe.

II°. Si on veut que la diſſolution opere une

plus grande division dans les parties combinées, conçoit-on comment les pores de l'argent, accessibles aux molécules de l'acide nitreux, deviendront inaccessibles aux mêmes molécules de l'acide nitreux; quand ces molécules auront été plus atténuées par leur combinaison avec l'acide marin, duquel elles peuvent se détacher pour se précipiter dans ces pores?

III°. En supposant telle division, tels pores, telles figures qu'on voudra dans ces deux métaux qui se dissolvent, conçoit-on, *sans la loi d'affinité & d'attraction*, comment un fluide qui devroit être paisible & immobile, se porte & s'insinue avec violence dans les pores & entre les parties solidement adhérentes de ces métaux; comment ces parties solidement adhérentes de ces métaux, se séparent les unes des autres, se dispersent en tout sens dans toute la masse du dissolvant, & vont s'unir jusqu'au point précis de saturation, à toutes les molécules de ce même dissolvant? Cette explication est donc vaine & sans fondement.

117. EXPLICATION II. Voici donc une autre raison de cette diversité de phénomenes.

I°. L'acide nitreux, ou l'*eau-forte*, dissout l'argent, & ne dissout pas l'or: parce que les molécules de cet acide, capables de pénétrer dans les pores de ces deux métaux, ont une affinité avec les molécules de l'argent, & n'ont pas la même affinité avec les molécules de l'or. Elles doivent donc être attirées par l'argent, & non par l'or.

II°. L'acide nitreux, combiné avec l'acide marin, ou l'*eau régale*, dissout l'or, & ne dissout pas l'argent: parce que les molécules de l'acide nitreux, combinées avec les molécules de l'a-

cide marin, forment de nouveaux touts, différens des deux principes isolés qui les constituent : lesquels nouveaux touts ont une affinité avec les éléments de l'or, sans avoir la même affinité avec les éléments de l'argent. Les molécules de l'acide nitreux, pour être combinées avec les molécules de l'acide marin, ne cessent pas de pouvoir pénétrer dans les pores de l'argent : puisqu'en se détachant des molécules de l'acide marin, elles pourroient, comme avant le mêlange, s'insinuer & se précipiter dans les mêmes pores de l'argent. Mais ces molécules de l'acide nitreux, ont pour les molécules de l'acide marin une attraction, qui épuise & détruit leur attraction avec l'argent, & qui fait naître une attraction avec l'or. Elles doivent donc cesser d'être attirées par l'argent, & commencer à être attirées par l'or.

III°. *Précipitations chymiques.*

118. DÉFINITION. La *précipitation chymique* est une opération par laquelle on désunit l'un d'avec l'autre, deux corps en dissolution, par le moyen d'un troisieme corps qui a la propriété de s'unir avec l'un des deux, & de forcer l'autre à s'en séparer à mesure qu'il s'y unit. On appelle *précipitant*, le corps qui sert d'intermede pour opérer la séparation des deux corps qui étoient unis. On nomme *précipité*, celui des deux corps qui, en se détachant du corps auquel il étoit uni, ne s'attache point au précipitant, & se dépose communément au fond du vase où se fait cette opération. Il suit de cette définition,

I°. Qu'aucune précipitation ne peut se faire qu'en vertu d'une affinité du précipitant, beau-

coup plus forte que celle du précipité, avec la ſubſtance dont ce dernier eſt ſéparé. Cette étonnante propriété qu'ont certaines ſubſtances d'en ſéparer ainſi d'autres, quoique très-étroitement unies, eſt la vraie cauſe phyſique d'une infinité de phénomenes également intéreſſans & pour la chymie & pour toute la phyſique. Par exemple, on n'eût jamais connu l'acide du ſel commun, les acides d'une infinité d'autres ſubſtances, ſans le ſecours de certains acides plus puiſſans, qui ont la vertu de les ſéparer d'avec leurs alkalis qui ſont comme leurs enveloppes & leurs baſes, dans leſquelles ils ſe trouvent naturellement engagés.

II°. Qu'il n'y a point de précipitation, ſans une nouvelle combinaiſon du précipitant avec l'un des deux principes qui étoient auparavant unis & diſſous enſemble. Si la chymie donne quelquefois le nom de précipitation à certaines opérations qui manquent de cette condition, c'eſt, de ſon propre aveu, un abus de ce terme.

III°. Qu'il ne ſe fait jamais de précipitation, que dans des matieres fluides : puiſque ſi elles n'étoient pas fluides, l'un des corps unis ne pourroit pas ſe détacher de l'autre pour ſe précipiter. Comme les corps peuvent être rendus fluides ou par l'eau ou par le feu, on diſtingue deux ſortes de précipitations, l'une *par la voie humide*, l'autre *par la voie ſeche.* On doit rapporter à la premiere, ou a la voie humide, toutes les décompoſitions des ſels à baſe terreuſe & métallique, qu'on fait diſſoudre dans l'eau lorſqu'on veut ſéparer leurs baſes d'avec leurs acides par le moyen d'un intermede convenable. On doit rapporter à la ſeconde, ou à la voie

ſeche, toutes les ſéparations des métaux & autres matieres ſolides & fuſibles : ce à quoi l'on parvient en les faiſant fondre, & en les mêlant avec la ſubſtance qui doit procurer la ſéparation.

119. EXPERIENCE. Dans un grand gobelet de verre, verſez une quatité conſidérable d'eau-forte bien concentrée, & mettez dans cette eau-forte une très-petite piece d'argent : l'eau-forte la diſſoudra toute entiere, & la tiendra en diſſolution. Dans cette diſſolution d'argent, plongez quelques petites lames de cuivre : l'eau-forte attire le cuivre plus fortement que l'argent ; d'où il arrivera que l'argent détaché de l'eau-forte, ſe précipitera au fond ſous la forme d'une poudre, & que le cuivre ſe mettra en diſſolution avec l'eau-forte. Dans cette diſſolution de cuivre, plongez de la limaille de fer : comme le fer eſt attiré par l'eau-forte plus puiſſamment que le cuivre, le cuivre abandonnera ſon diſſolvant, & ſe précipitera au fond. Dans cette diſſolution de fer, plongez du zinc : l'eau-forte agiſſant encore davantage ſur le zinc que ſur le fer, celui-ci quittera ſon diſſolvant, & ſe précipitera au fond. Dans cette diſſolution de zinc, jettez des yeux d'écreviſſes : après avoir fermenté d'une maniere terrible avec l'eau forte, ils l'attirent ; & le zinc, abandonné de ſon diſſolvant, ſe précipitera au fond. Sur cette diſſolution d'yeux d'écreviſſes, verſez de l'eſprit urineux : il ſe fera une nouvelle effervefcence, cauſée par l'attraction de l'urine qui agit fortement ſur l'eau-forte ; & alors les yeux d'écreviſſes ſe ſépareront de leur diſſolvant, & ſe précipiteront au fond. Enfin ſur cette derniere diſ-

ſolution, jettez quelque ſel alkali fixe : ce ſel alkali ayant une très-grande affinité avec l'eau-forte, il arrivera que le ſel volatil urineux, venant à ſe ſéparer de ſon diſſolvant, s'élevera en haut, où il ſera emporté par ſa légéreté.

Toutes ces expériences confirment, comme on voit, la loi d'affinité que nous avons déja établie ; loi d'où peut uniquement découler leur explication. On peut auſſi remarquer, à l'occaſion de ces expériences, que l'affinité ne ſuit point la proportion de la peſanteur ou de la légéreté : puiſque ſouvent un corps plus peſant eſt précipité par un corps plus léger ; & un corps plus léger, par un corps plus peſant.

TROISIEME PREUVE.

Phénomenes des cryſtalliſations.

120. DÉFINITION. La *cryſtalliſation* en général eſt une opération par laquelle les parties intégrantes d'un corps, ſéparées les unes des autres par l'interpoſition d'un fluide, ſont déterminées à ſe joindre & à former des maſſes d'une figure réguliere & conſtante.

Cette définiton convient, comme on voit, à tous les corps dont les parties ſont naturellement ſuſceptibles d'un arrangement régulier : ſoit que leurs molécules ſoient tranſparentes, comme dans les ſels, dans les cryſtaux, dans les pierres précieuſes ; ſoit que leurs molécules ſoient opaques, comme dans les cailloux, dans les pyrites, dans les minéraux.

La cryſtalliſation des ſels, que la nature expoſe à nos regards, nous fera deviner les autres eſpeces de cryſtalliſations qu'elle cache à notre vue.

I°. *Cryſtalliſation des ſels.*

121. EXPÉRIENCE. Placez ſur un porte-objets horiſontal, à trois points différens, trois gouttes d'eau, extraites des trois verres dans leſquels on aura fait diſſoudre ſéparément du ſel marin, du ſucre, du nitre (103), & laiſſez évaporer tranquillement ces trois gouttes.

Après l'évaporation, examinez avec un microſcope les trois points du porte-objets, où étoient les trois gouttes évaporées : vous y verrez des molécules d'une figure toujours réguliere, mais variée ſelon la nature des ſels qui ont été infuſés & diſſous. Le ſel marin, ou le ſel commun qui ſert à nos tables, forme des cubes; le ſucre, des globules; le nitre, des aiguilles.

122. ASSERTION. *Le phénomene de la cryſtalliſation des ſels ſemble découler uniquement de la loi d'affinité ou d'attraction ſpéciale entre les éléments d'un même ſel.*

DÉMONSTRATION. Après ce que nous avons dit & de la *matiere tourbillonnante* & de *l'attraction commune* à tous les corps indiſtinctement (104), il ſeroit fort inutile de s'arrêter à réfuter de nouveau l'influence de ces cauſes dans le phénomene de la cryſtalliſation, où elles ne peuvent évidemment influer pour rien. Il ne s'agit donc plus que de faire voir que ce phénomene découle naturellement de l'hypotheſe d'une *attraction ſpéciale*, dont nous avons d'abord démontré la poſſibilité, dont nous avons enſuite établi l'exiſtence, & dont nous allons faire l'application aux phénomenes de la cryſtalliſation en général & en particulier.

123. SUPPOSITIONS. Il conſte par ce que nous avons dit des affinités ou attractions ſpéciales, qu'on peut vraiſemblablement ſuppoſer,

I°. Que les parties intégrantes des corps, ont les unes vers les autres *une tendance* en vertu de laquelle elles s'approchent, s'uniſſent, & adherent entre elles, quand aucun obſtacle ne s'y oppoſe.

II°. Que dans les corps ſimples ou peu compoſés, cette tendance des parties intégrantes les unes vers les autres, eſt *plus marquée & plus ſenſible*, que dans les corps plus compoſés : ce qui fait que les premiers ſont plus diſpoſés que les derniers, à la cryſtalliſation.

III°. Que, quoique nous ne connoiſſions point la figure des molécules primitives intégrantes d'aucun corps, on ne peut douter cependant que ces molécules primitives intégrantes des corps, n'aient chacune *une figure conſtante*, toujours la même, qui leur eſt propre & qu'aucun agent créé ne peut leur faire perdre.

IV°. Qu'il paroît également certain, qu'excepté le cas où toutes les parties intégrantes d'un corps ſont abſolument égales & ſemblables, ces parties intégrantes ne tendent point à s'unir indiſtinctement par toutes leurs faces, mais plutôt par les unes que par les autres ; & il eſt vraiſemblable que c'eſt *par les faces* qui peuvent avoir entre elles le contact le plus immédiat & le plus étendu.

124. RESULTAT. Il eſt facile, d'après cette théorie, de rendre raiſon du phénomene de la cryſtalliſation des ſels.

I°. A meſure que l'eau s'évapore, les molécules ſalines, qui ſont fixes & non volatiles, ſe

détachent d'elle à ſa ſurface ; & ne peuvent être attirées & abſorbées par l'eau reſtante, laquelle ſaturée de ſel, comme on le ſuppoſe, ne conſerve plus de force attractive à cet égard.

II°. Ces molécules ſalines ſurabondantes, dont le nombre augmente ſans ceſſe à meſure que l'eau continue à s'évaporer, répandues & ſuſpendues en nombre immenſe à la ſurface de l'eau, doivent à la fin ſe trouver ſi près les unes des autres, qu'elles ſe rencontrent & ſe touchent. Alors, en vertu de leur attraction mutuelle que rien ne gêne, elles devront s'unir & s'attacher entre elles, par leurs faces ou leurs points les plus analogues : delà la régularité des figures qu'elles prennent.

III°. Ces molécules unies & entaſſées en petites maſſes régulieres, que l'œil apperçoit à la ſurface de l'eau ſous la forme d'une petite pellicule, deviennent à la fin plus peſantes qu'un égal volume d'eau. Elles doivent donc alors deſcendre très-lentement au fond de l'eau, par leur petit excès de gravitation ; & continuer à s'unir & à adhérer les unes aux autres au fond de l'eau, par leurs faces plus analogues. De-là la régularité des grandes maſſes de ſel cryſtalliſé dans une eau pure & tranquille, où rien n'empêche la force attractive des molécules ſalines d'avoir ſon effet dans toute ſa perfection.

IV°. Le même méchaniſme doit avoir lieu, juſqu'à l'entiere évaporation de l'eau. Delà la cryſtalliſation réguliere de toute la maſſe de ſel, qui ſe trouvoit diviſée & répandue dans toute la maſſe de l'eau. C. Q. F. D.

125. REMARQUE I. Le ſel, en ſe cryſtalliſant, ne ſe ſépare point de toute l'eau avec laquelle

il étoit uni dans la diſſolution. En vertu de ſon affinité avec l'eau, il en retient les dernieres portions avec un degré de force qui empêche l'ultérieure évaporation de cette eau. Cette portion d'eau reſtante, combinée avec les cryſtaux du ſel, ne fait qu'un tout avec lui; & on ne peut la lui enlever, ſans lui faire perdre la régularité de ſes figures: d'où il réſulte qu'un ſel cryſtalliſé eſt un composé de ſel & d'eau. Les chymiſtes nomment cette eau adhérente aux cryſtaux du ſel, *eau de la cryſtalliſation.*

I°. Un degré de chaleur convenable peut faire perdre à un ſel cryſtalliſé, l'eau de ſa cryſtalliſation; & dans ce cas il perd la régularité de ſes figures, ſans perdre ſa nature ſpécifique de ſel: d'où il s'enſuit que cette eau de la cryſtalliſation, eſſentielle peut-être au ſel cryſtalliſé comme cryſtalliſé, n'eſt point de l'eſſence du ſel comme ſel; ou que cette eau de la cryſtalliſation eſt *ſurabondante à ſa nature ſaline.*

II°. La quantité d'eau de cryſtalliſation, varie beaucoup, ſelon la nature des ſels. Le nitre & le ſel marin n'en contiennent qu'une fort petite quantité: le ſel de glauber & le vitriol martial en contiennent environ la moitié de leur poids: il y a des ſels qui en contiennent une quantité deux fois plus peſante qu'eux.

III°. Quand on a enlevé à un ſel cryſtalliſé l'eau de ſa cryſtalliſation, ce ſel expoſé à l'air libre, reprend à peu près la même quantité d'eau. La raiſon en eſt que l'atmoſphere a toujours beaucoup de vapeurs, que la force attractive du ſel attire & retient comme au moment où a ceſſé l'évaporation qui l'avoit cryſtalliſé. Mais il ne reprend pas la régularité de ſes cryſ-

taux; parce que les molécules dérangées n'ont pas assez d'aisance & de liberté, pour se recombiner selon l'affinité de leurs faces plus analogues.

126. REMARQUE II. Quand une eau qui tient en dissolution un sel quelconque, s'évapore tranquillement & sans agitation, la crystallisation ne commence qu'au moment où est arrivé le point de saturation. La raison en est, que les molécules salines, détachées de l'eau évaporée avant le point de saturation, sont à l'instant attirées & absorbées par l'eau restante, laquelle conserve encore une partie de sa force attractive pour ce sel. Quand une eau saturée d'un sel quelconque, s'évapore avec une agitation violente, comme sur le feu, le sel qui en résulte n'est point formé en crystaux réguliers. La raison en est, que le tumulte & l'agitation des parties aqueuses & salines, empêche l'effet de l'attraction des molécules salines par leurs faces analogues. La masse saline qui en résulte, doit donc être une masse irréguliere.

127. REMARQUE III. L'eau de la mer, sans être saturée de sel, en tient toujours en dissolution une quantité assez considérable, environ un trente-deuxieme de son poids sur les côtes de France: donc, en laissant tranquillement évaporer, sur les bords de la mer, dans un grand bassin isolé, trente-deux quintaux d'eau de la mer, on doit trouver après l'évaporation, un quintal de sel au fond du bassin. En été, dans un tems chaud & serein, la quantité d'évaporation est d'environ un pouce de hauteur sur toute la surface, en vingt-quatre heures.

C'est par ce très-simple méchanisme que se

forme & se cryſtallyſe dans les ſalines de la Rochelle & de l'Aunis, pendant les jours les plus chauds de l'été, le ſel commun. On a de très-grands baſſins qui communiquent avec les eaux de la mer, & qu'on emplit à volonté juſqu'à une certaine hauteur. Après un certain nombre de jours, l'eau eſt évaporée ; & on trouve au fond une immenſe quantité de ſel cryſtalliſé, que l'on concaſſe à grands coups de maſſue, & dont on emplit des magaſins. Ce ſel ainſi fait ſur les côtes de l'Océan en France, eſt d'une qualité incomparablement meilleure que celui qu'on pourroit faire de la même maniere en Eſpagne, en Italie, en Angleterre, en Hollande : ſoit parce que les pays plus ſeptentrionaux n'ont pas aſſez de chaleur, & que les pays plus méridionnaux en ont trop, pour donner au ſel la qualité convenable ; ſoit parce que les eaux de la mer, qui n'ont pas par-tout le même degré de ſalure & d'amertume, ont en France ſur les côtes de l'Océan, la qualité préciſe qu'il faut pour donner un ſel parfait.

En Lorraine & en Franche-Comté, où ſe trouvent des ſources ſalées & plus ſalées que les eaux de la mer, on procure l'évaporation par le moyen du feu, entretenu ſous de grandes chaudieres. Après l'évaporation de l'eau, qu'on a quelquefois fait paſſer auparavant par certains évaporatoires propres à lui enlever une quantité conſidérable de ſa partie aqueuſe & à concentrer ſa partie ſaline, le ſel qu'elle tenoit en diſſolution, ſe trouve au fond de la chaudiere, en maſſe irréguliere & non cryſtalliſée. Telle eſt l'origine du ſel dont on fait uſage en Lorraine, en Franche-Comté, en Suiſſe.

II°. *Cryſtalliſation des métaux.*

128. DESCRIPTION. Les *ſubſtances métalliques*, dont nous parlerons ailleurs plus au long (569), forment une claſſe de corps iſolée, caractériſée par des propriétés ſpécifiques qui la diſtinguent des autres eſpeces de ſubſtances. Ces propriétés ſpécifiques, communes à toutes les ſubſtances métalliques, ſont principalement & une plus grande *peſanteur* & une plus grande *opacité*. Un pied cube d'étaim, qui eſt le plus léger de tous les métaux peſe 512 livres & demie, tandis qu'un pied cube de marbre ne peſe que 189 livres & demie. Plus denſes (644) que les autres corps, les ſubſtances métalliques doivent donc réfléchir plus de rayons de lumiere : de-là leur opacité ; de-là leur brillant. Le brillant des ſubſtances métalliques eſt un brillant de pure réflexion : il differe du brillant des pierres précieuſes, qui eſt un brillant de réflexion & de réfraction. Les ſubſtances métalliques ſe diviſent en métaux parfaits, en métaux imparfaits, en demi-métaux.

I°. On nomme *métaux parfaits*, certaines ſubſtances métalliques qui, ductiles & malléables, reſtent fixes au feu le plus long & le plus violent ; ſans éprouver ſenſiblement aucune diminution de leur poids, aucune altération dans leur nature. Inaltérables au feu, ils ne reçoivent non plus aucune altération par l'action de l'air & de l'humidité. L'*or*, l'*argent*, la *platine*, ſont les trois métaux parfaits.

II°. On appelle *métaux imparfaits*, certaines ſubſtances métalliques qui, ductiles & malléables, ſont fixes & ſans altération au feu, juſqu'à un

certain point ; mais qui, par son action poussée trop loin, se décomposent, s'exhalent en vapeurs, perdent leur nature primitive, se changent en chaux ou en verre. L'air & l'humidité leur font contracter une rouille qui les attaque & les altere. Le *cuivre*, le *fer*, l'*étaim*, le *plomb*, sont les quatre métaux imparfaits.

III°. On nomme *demi-métaux*, certaines substances métalliques, qui manquent absolument de fixité & de ductilité ; & qui, exposées au feu, y perdent leurs propriétés métalliques. Les demi-métaux ont tous une plus ou moins grande dureté, & une plus ou moins grande fusibilité, ainsi que les autres métaux : mais ils sont extrêmement volatils, & nullement malléables : ce qui les distingue & des métaux parfaits, lesquels, toujours ductiles & malléables, ne s'exhalent point en vapeurs ; & des métaux imparfaits, lesquels conservent leur ductilité & leur fixité jusqu'à un certain degré de chaleur. L'*antimoine*, le *bismuth*, le *zinc*, le *cobalt*, l'*arsenic*, sont les cinq demi-métaux.

IV°. Le *mercure*, qui a les deux propriétés générales & fondamentales des substances métalliques, semble faire seul une classe à part. Il tient des métaux parfaits par sa pureté & par sa pesanteur : il tient des métaux imparfaits par sa volatilité : il differe des uns & des autres par sa fusibilité. Fixe sur le feu jusqu'au degré de chaleur de l'eau bouillante, il s'exhale en vapeurs, quand on pousse plus loin le degré de chaleur ; & il se calcine enfin à un degré de feu excessif & long-tems soutenu. Le moindre degré de chaleur le tient dans l'état de liqueur : mais il devient solide, ductile, & malléable, à un degré

degré de froid excessif, qu'on procure artificiellement par le moyen de certains sels mêlés avec la neige (615); comme il conste par les expériences qui furent faites à Petersbourg, pendant le froid excessif qui se fit sentir le 25 décembre 1759.

129. REMARQUE I. Les parties intégrantes des métaux parfaits, paroissent être indestructibles. L'activité des fourneaux les plus ardens, le mêlange des dissolvans les plus puissans, n'aboutissent qu'à séparer les unes des autres ces parties intégrantes, sans pouvoir les décomposer & les dépouiller de leur nature primitive : de sorte qu'après avoir été agitées & tourmentées en mille manieres, après avoir été différemment mêlangées avec une infinité d'autres substances dissolvantes, après avoir passé par toutes les épreuves que leur ont fait subir pendant des années entieres & sans interruption les fourneaux chymiques ; si on les sépare de ces substances auxquelles on les avoit mêlangées, elles se trouvent avoir précisément la même nature, & former le même métal, qu'auparavant. Il n'est point démontré que le feu du miroir ardent de l'académie des sciences, décompose les parties intégrantes des métaux parfaits. (150.)

130. REMARQUE II. Les parties intégrantes des métaux imparfaits & des demi-métaux, sont incontestablement destructibles : puisque l'action du feu les convertit en chaux & en verre, & leur fait perdre leur nature métallique primitive. Les métaux imparfaits & les demi-métaux sont des *mixtes*, que le feu décompose, ou dont le feu divise & sépare les parties constituantes. Ces parties constituantes sont prin-

cipalement & le *phlogiſtique* & la *terre élémentaire.* La terre élémentaire, dépouillée & dégagée du phlogiſtique ou du principe inflammable avec lequel elle étoit combinée, ſe réduit à la ſimple qualité de ſable, propre à être converti en chaux & en verre. Il n'eſt pas improbable que les métaux parfaits aient auſſi principalement pour parties conſtituantes, le phlogiſtique & la terre élémentaire, que l'action des fourneaux les plus ardens ne peut déſunir & décompoſer.

Il conſte par une foule d'obſervations, que toutes les eſpeces de ſubſtances métalliques ſe cryſtalliſent, ou prennent des formes régulieres qui leur ſont propres : cette cryſtalliſation des ſubſtances métalliques va être expliquée conjointement avec la cryſtalliſation des pierres précieuſes.

III°. *Cryſtalliſation des pierres.*

Parmi les pierres précieuſes, nous nous bornerons à faire connoître le cryſtal & le diamant, pour ſervir d'exemple général de la cryſtalliſation en ce genre.

131. DESCRIPTION I. Le *cryſtal naturel*, ou le cryſtal de roche, eſt une pierre dure, tranſparente, figurée en priſmes à ſix faces, qui ſont terminées à chaque bout par des pyramides auſſi exagonales.

132. DESCRIPTION II. Le *diamant* eſt auſſi une pierre, la plus dure, la plus brillante, la plus eſtimée des pierres précieuſes. On la trouve naturellement cryſtalliſée en priſmes à ſix faces, terminés à chaque extrêmité par une pointe ou

pyramide à ſix côtés. Il y a auſſi d'autres diamans, différemment cryſtalliſés.

133. ASSERTION. *Le phénomene de la cryſtalliſation des pierres précieuſes & des métaux, ſemble découler uniquement de la loi d'affinité ou d'attraction ſpcéiale entre leurs parties intégrantes.*

DÉMONSTRATION. Après la théorie que nous avons ſuivie & développée en détail dans le phénomene de la cryſtalliſation des ſels (123), il eſt clair qu'il n'eſt plus queſtion que de généraliſer cette théorie, pour la tranſporter d'un ſeul coup à tous les genres de cryſtalliſation poſſible. Soit donc un corps quelconque, cryſtal, ou métal, ou diamant, ou tel autre, qui ait ſes parties intégrantes ſéparées les unes des autres par l'interpoſition d'un fluide, par exemple, de l'eau, par laquelle elles ont été diſſoutes & voiturées dans un même réſervoir.

I°. Il eſt évident que ſi une portion de ce fluide ſe diſſipe & s'évapore, ces parties intégrantes ſe rapprocheront entre elles ; & que la quantité du fluide qui les écarte diminuant de plus en plus, elles parviendront enfin à ſe toucher & à s'unir. Elles pourront même ſe joindre & s'unir, lorſqu'elles ſeront arrivées à un tel degré de proximité, que la tendance qu'elles ont entre elles, ſera capable de franchir l'eſpace qui les ſépare.

II°. Si, pendant cette diminution ſucceſſive du fluide, elles ont le tems & la liberté de ſe joindre les unes aux autres par leurs faces les plus analogues, elles formeront des maſſes d'une figure conſtante & toujours ſemblable.

III°. Si la ſouſtraction du fluide interpoſé ſe

fait si promptement que les parties crystallisables qu'il sépare, se trouvent rapprochées & dans le point de contact, avant d'avoir pu prendre, respectivement les uns aux autres, la position vers laquelle elles tendent naturellement; alors ces parties se joignent indistinctement par les faces que le hasard présente l'une à l'autre dans ce contact forcé : elles forment des masses solides d'une espece déterminée, mais qui n'ont aucune forme déterminée & réguliere. C. Q. F. D.

Théorie générale de la crystallisation.

134. COROLLAIRE. De cette théorie, ainsi généralisée, découle facilement l'explication de tous les genres de crystallisation.

I°. Les formes régulieres du crystal de roche, des diverses pierres précieuses, des spats, de certaines stalactiques, de la plupart des pyrites, de plusieurs minéraux, de quelques métaux purs, doivent être attribuées au méchanisme qu'on vient d'expliquer; c'est-à-dire, à la séparation lente & paisible de l'eau qui charrioit & tenoit en dissolution les parties intégrantes de ces divers corps.

II°. La formation des perles dans leur poisson, la formation de la *pierre* dans la vessie, la formation du bézoard dans l'estomac, dans la tête, dans la vessie, dans les intestins, dans le fiel, dans la vessie de certains animaux, ont la même source & la même origine. Des sables ou des sels fixes très-fins & très-purs, filtrés à travers les glandes de la perle, vont se déposer dans certains réservoirs de ce poisson testacée; s'y unissent & s'y arrangent en liberté selon leur tendance na-

turelle, ne trouvant pas d'iſſue pour s'échapper avec le fluide qui les y a voiturés. Des ſables ou des ſels fixes moins purs & plus groſſiers, filtrés à travers la ſubſtance rayonnée des reins, vont ſe dépoſer dans la veſſie; & s'y cryſtalliſent, s'ils ne s'échappent pas en liberté avec le fluide qui les y a portés. Toutes les huîtres & tous les hommes n'éprouvent pas de ſemblables cryſtalliſations : parce que toutes les huîtres & tous les hommes n'ont pas des réſervoirs propres à opérer une ſouſtraction du fluide, dépouillée des ſables & des ſels qu'il tenoit en diſſolution.

III°. Les congelations qu'on admire dans certaines grottes ſouterreines, ont encore la même origine. L'eau, filtrée à travers les terres & les rocs, arrive goutte à goutte à la ſurface intérieure de ces grottes, chargée de divers ſables très-fins qu'elle tient en diſſolution. A meſure qu'elle s'évapore inſenſiblement, ces ſables ſe rapprochent, s'arrangent librement ſelon leurs faces analogues, & forment des cryſtalliſations de différente eſpece, ſelon la différence de leurs configurations.

IV°. Les diverſes ſubſtances métalliques ont auſſi leurs cryſtalliſations propres, qui découlent du même principe : telle eſt la fameuſe *étoile* du régule d'antimoine; telles ſont certaines ramifications régulieres que prennent quelquefois les métaux purs, comme l'or, l'argent, le cuivre. Quelques chymiſtes célebres ayant tenu ſucceſſivement les divers métaux en fuſion à un très-grand degré de chaleur, & les ayant enſuite fait refroidir & figer avec une extrême lenteur, ont obſervé que chaque ſubſtance métallique s'arrange d'une maniere réguliere qui

lui eſt propre, & qui ne peut être que l'effet de la tendance qu'ont les parties intégrantes de chaque métal à s'arranger ainſi ſymmétriquement. M. de Réaumur avoit remarqué que l'antimoine fondu à un feu violent, & refroidi avec une lenteur convenable, prend toujours la forme d'une étoile rayonnante, fruit de la tendance qu'ont ſes parties à s'arranger ainſi; & tout le myſtérieux de cette étoile merveilleuſe, a diſparu devant le flambeau d'une ſaine phyſique.

La vitrification.

135. OBSERVATION. Le verre eſt une compoſition qui réſulte d'un mêlange de ſable purifié & de divers ſels fixes, qu'on réduit en fuſion par le moyen d'un feu très-violent. Le ſable ſeul n'eſt point fuſible : les ſels fixes, que la chymie extrait des minéraux & des végétaux, fuſibles par eux-mêmes, ſervent de fondant ou de diſſolvant au ſable. Une foule de pierres, broyées & purifiées, ont la qualité de *ſable*, qu'on appelle auſſi terre élémentaire. Les ſels fixes, que leur fixité empêche de s'évaporer & de ſe diſſiper dans l'effervefcence, diviſés & fondus par la violence du feu, s'inſinuent, avec impétuoſité, dans les pores du ſable, qu'ils pénetrent & qu'ils diviſent dans toutes ſes parties : en telle ſorte que dans le nombre immenſe d'éléments qui compoſent un petit grain de ſable à peine ſenſible, il n'y aura peut-être pas un ſeul atome du ſable, qui ne ſoit ſéparé de l'atome voiſin par l'interpoſition d'un atome du ſel fixe. Dans cet état de diviſion & de mêlange, où chaque élément du ſable eſt uni & accollé à un

élément du ſel fixe, cette pâte pénetrée d'un torrent de feu qui la rend ſouple & fléxible, eſt capable de prendre toutes les formes que l'art veut lui donner, & que le refroidiſſement lent & ménagé avec précaution durcit & conſolide. De cette théorie pratique de la vitrification, découlent les principales propriétés du verre.

I°. Le verre eſt *fragile :* parce qu'il eſt compoſé de particules hétérogenes qui ont peu d'affinité les unes avec les autres, qui ne s'uniſſent & ne s'attachent entre elles que par un fort petit nombre d'angles ou de points peu ſympatiques; qui par-là même, ne doivent jamais acquérir une liaiſon & une adhérence bien intime & bien forte.

II°. Le verre eſt *tranſparent :* parce que les particules hétérogenes qui le compoſent, peu unies enſemble, laiſſent entre elles comme une infinité de pores ou d'ouvertures qui donnent par-tout un libre paſſage à la lumiere. Ces pores ou ces ouvertures, infiniment multipliés, préſentent en tout ſens des ſentiers ſenſiblement droits, qu'enfilent avec liberté les balons ou les rayons comme infiniment petits de la lumiere.

III°. Le verre eſt un *cryſtal artificiel*, incomparablement *moins dur* que le cryſtal naturel ou le cryſtal de roche : parce que le cryſtal naturel eſt formé d'éléments homogenes de la terre élémentaire, qui, flottés & diviſés par l'eau, s'uniſſent en liberté par leur attraction mutuelle, s'appliquent & s'attachent les uns aux autres par des ſurfaces plus grandes & plus ſympatiſantes; & acquierrent par là une adhérence proportionnée à la grandeur & à l'affinité de leurs ſurfaces unies. (123.)

S'il étoit poſſible d'avoir des feux aſſez violents pour fondre & pour tenir long-tems en fuſion le ſable pur ou la terre élémentaire, ſans le ſecours des ſels ou des fondants qu'on eſt obligé d'y mêler pour en procurer la fuſion; il eſt probable qu'on pourroit faire des cryſtaux artificiels, dont la beauté & la dureté égaleroient celles des cryſtaux naturels & des diverſes pierres précieuſes, qui ne ſont que des cryſtalliſations naturelles. La plupart des cryſtaux qui ſervent aux divers uſages de la vie, ne ſont que du verre, ou des cryſtaux artificiels.

DERNIERE PREUVE.

Une foule d'autres phénomenes.

136. OBSERVATION. Nous aurons encore occaſion d'appercevoir & de ſentir l'action & l'influence de la *loi d'affinité* ou d'attraction ſpéciale, dans une foule de phénomenes de toute eſpece, que nous aurons à expliquer dans la ſuite de cet ouvrage, & qui ne peuvent pas découler de la loi d'impulſion & de la loi d'attraction générale : nous nous bornerons ici à en indiquer les principaux. Par exemple :

I°. Les grands phénomenes de la dureté & de l'élaſticité des corps, paroiſſent dépendre principalement de cette cauſe phyſique : comme nous le ferons voir dans la ſeconde ſection de ce premier traité. (221, 228.)

II°. L'aſcenſion des vapeurs & des exhalaiſons dans l'athmoſphere, qui donne lieu à la formation de tous les météores, paroît auſſi avoir principalement pour cauſe une attraction ſpé-

ciale entre l'élément de l'air & l'élément de l'eau, entre l'élément de l'air & certaines exhalaiſons terreſtres : ſoit que cette affinité ou attraction ſpéciale n'exige que la ſeule contiguïté de ces éléments ; ſoit qu'elle exige quelque intermede, comme la matiere ignée ou électrique, pour les diſpoſer à s'attirer plus efficacement & plus puiſſamment, en formant une affinité compliquée. (87.)

III°. Le méchaniſme phyſique du regne animal, du regne végétal, du regne minéral, paroît auſſi dépendre en grande partie de la même loi d'affinité ſimple ou compliquée : puiſque la loi d'impulſion & la loi d'attraction générale, paroiſſent preſque toujours & par-tout inſuffiſantes pour rendre raiſon des phénomenes qu'on obſerve dans ces trois regnes.

IV°. La même loi paroît auſſi ſe montrer & ſe faire ſentir dans la plupart des expériences ſur les couleurs. Pourquoi l'écarlate abſorbe-t-elle toutes les eſpeces de rayons, à l'exception des rouges qu'elles réfléchit ; ſinon en vertu d'une affinité compliquée, entre cette étoffe imprégnée de l'intermede de ſa teinture, & les eſpeces de rayons qu'elle abſorbe ?

L'enſemble de ces différens phénomenes ont enfin forcé la phyſique à admettre, outre la loi d'impulſion & la loi générale d'attraction, une troiſieme loi d'affinité ou d'attraction ſpéciale, affectée au contact ou à une très-grande proximité de certains éléments analogues entre eux.

Quelques phyſiciens ſont allés plus loin : ils ont cru voir dans la nature, outre la *loi d'attraction* dont nous parlons, une *loi de répulſion :* en telle ſorte que les différentes eſpeces de

ſubſtances matérielles, ſur le point du contact, aient en même tems, relativement à divers éléments, & une force attractive & une force répulſive, indépendantes l'une de l'autre, & agiſſant chacune ſelon des regles ou des loix particulieres qui lui ſont propres. Nous allons combattre l'exiſtence de cette loi de répulſion, qui nous paroît n'avoir aucun ſolide fondement.

Inutilité d'une loi de répulſion.

137. ASSERTION. *Il n'eſt point néceſſaire d'admettre des loix de répulſion dans la nature.*

DÉMONSTRATION. Il ne faut point multiplier les cauſes ſans néceſſité; c'eſt-à-dire, ſans y être forcé par la nature des phénomenes qui exigent évidemment qu'on ſuppoſe & qu'on admette une telle multiplicité de cauſes: donc, ſi l'on peut rendre raiſon des phénomenes ſans admettre des loix de répulſion, on doit bannir comme inutiles & redondantes, comme ineptes & fabuleuſes, les loix de répulſion. Or on peut rendre raiſon des divers phénomenes où l'on croit voir une force répulſive, par les loix communes de l'impulſion & de l'attraction: comme nous allons le faire voir en rapportant à ces loix de l'impulſion & de l'attraction, les principaux phénomenes par leſquels on s'efforce d'établir ces loix de répulſion. Donc il n'eſt point néceſſaire d'admettre dans la nature, des loix de répulſion.

138. EXPERIENCE I. Si l'on expoſe à la roſée une foule d'échantillons d'étoffes différentes, on remarque que quelques-unes de ces étoffes ſe chargent abondamment de roſée; que quelques

autres en prennent beaucoup moins, & que certaines n'en prennent point du tout. D'où l'on conclut que la rosée tombant également en tout sens sur la terre, il faut qu'il y ait dans certaines laines ou dans certaines teintures, une force répulsive qui empêche la rosée de s'unir & d'adhérer à certaines étoffes. On remarque la même diversité dans les métaux exposés à la rosée, & on en tire les mêmes conséquences.

RÉFUTATION. Cette expérience prouve l'existence d'une loi d'affinité ou d'attraction spéciale, & non l'existence d'une loi de répulsion.

I°. Les étoffes qui se chargent de rosée, ont une affinité avec l'eau, en vertu de laquelle elles hument sans cesse, ainsi que les sels, les vapeurs répandues dans l'athmosphere, les retiennent, & se les rendent adhérentes : elles doivent donc être imbibées & chargées de rosée.

II°. Les étoffes qui ne prennent point de rosée, manquent de cette affinité avec l'eau, sans doute à raison des couleurs dont elles sont impregnées : en conséquence elles ne pompent point & ne sucent point les vapeurs de l'athmosphere; & si quelques particules de rosée tombent sur elles par leur gravitation, ces particules que l'étoffe ne se rend point adhérentes, sont sans cesse emportées & dissipées par l'agitation & la circulation de l'air : elles doivent donc être sensiblement sans rosée.

On peut dire la même chose des métaux, qui, à raison du poli ou du mat, de la netteté ou de la crasse de leurs surfaces, deviennent plus ou moins disposés à attirer & à s'attacher la rosée.

139. EXPERIENCE II. Dans plusieurs dissolu-

tions chymiques, on voit des parties s'approcher, & d'autres s'éloigner : d'où l'on conclut qu'il y a des parties qui ont entre elles une attraction, & d'autres parties qui ont entre elles une répulsion.

RÉFUTATION. Cette expérience prouve l'existence des loix d'attraction & d'impulsion, & non l'existence d'une loi de répulsion. Deux substances qui ont entre elles une attraction spéciale, ne peuvent s'unir & se combiner selon leur affinité, sans se déplacer ; sans prendre un mouvement ; sans imprimer leur mouvement de tendance réciproque aux parties non analogues qui leur sont contiguës ; lesquelles, pressées par leur impulsion, s'échappent, s'enfuient. Delà les apparentes répulsions, lesquelles ne sont qu'un effet de l'impulsion qu'occasionne l'affinité des parties qui s'attirent.

Les phénomenes de répulsion qu'on observe dans le magnétisme & dans l'électricité, ont pour cause l'impulsion d'une matiere affluente & effluente ; comme nous l'observerons ailleurs (1096). Ils ne prouvent donc point l'existence d'une loi de répulsion.

140. EXPERIENCE III. Exposez une glace étamée à la lumiere du soleil ou d'une bougie : tous les rayons se réfléchissent parallélement entre eux, sous un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Sur quoi l'on raisonne ainsi. La surface plane de cette glace, examinée avec un microscope, paroît hérissée de concavités & d'élévations : cette glace ne présente donc point aux infiniment petits balons ou rayons de lumiere un plan uni, capable de les réfléchir parallélement. Il faut donc que ces rayons soient

réfléchis avant d'avoir touché la glace : il faut donc qu'il y ait entre cette glace & les rayons de lumiere, une force répulſive, qui, à une infiniment petite diſtance, réfléchiſſe paralléle-ment ces rayons.

RÉFUTATION. Cette expérience, qui renferme un grand myſtere en fait de phyſique, n'établit en aucune maniere l'exiſtence des répulſions. Il eſt difficile à la vérité de concevoir comment les rayons de lumiere ſe réfléchiſſent paralléle-ment à la rencontre d'une ſurface qui pour eux eſt peut-être auſſi hériſſée, que le ſeroit la ſur-face montueuſe de la terre pour des boulets de canon lancés parallelement contre elle. Mais il ne s'enſuit pas de-là qu'il faille admettre entre la glace & les rayons une vertu répulſive, la-quelle répercute & réfléchiſſe ces rayons avant que le contact ait lieu. Car cette vertu répulſive n'ôte point la difficulté : puiſque les molécules qui forment la ſuperficie de la glace, ont des en-foncements & des élévations ; il eſt clair que les *points répulſifs* qu'on leur ſubſtitue hors de la glace, doivent donner la même inégalité & la même irrégularité de réflexion aux rayons, leſquels ſe réfléchiſſent ſans doute à des diſ-tances égales des éléments de la glace ou des points répulſifs. Suppoſons donc que le point de répulſion ſoit à une ligne ou à un millio-nieme de ligne des éléments de la glace : il eſt évident qu'une ſurface intelligible, priſe à cette diſtance des divers points de la glace, ſeroit une ſurface auſſi irréguliere que la glace elle-même. Une telle hypotheſe, en admettant une nouvelle loi dans la nature, n'ôte donc pas l'an-cienne difficulté, qui reſte toute entiere.

RÉSULTAT GÉNÉRAL.

141. COROLLAIRE. Il réſulte, des diverſes expériences que nous avons rapportées & expliquées dans tout cet article, qu'il faut, ou renoncer aux lumieres que donne l'expérience ſur les cauſes phyſiques; ou reconnoître qu'*il y a inconteſtablement dans la nature des* affinités *ou des attractions ſpéciales entre certaines ſubſtances.*

Il y a donc trois cauſes primitives, d'où émanent les phénomenes de la nature; ſavoir, l'*impulſion*, l'*attraction* générale, l'*affinité* ou l'attraction particuliere.

ARTICLE CINQUIEME.

HOMOGÉNÉITÉ DE LA MATIERE.

142. OBSERVATION. LA matiere eſt-elle *homogène* ou *hétérogène* (*); c'eſt-à-dire, ſemblable ou diſſemblable dans la nature primitive de ſes éléments? Grand ſujet de diſpute parmi les philoſophes! La plus ſaine partie ſe déclare pour l'homogénéité.

I°. Ceux qui ſe déclarent pour l'*homogénéité* de la matiere, prétendent que les éléments des divers corps ſont intrinſéquement de même nature, & ne

(*) ETIMOLOGIE. Homogene, *ejuſdem generis*, de même genre : d'ὁμοσ *idem*, & de γένος *genus*. Hétérogene, *alterius generis*, de différente eſpece : d'ἑτεροσ *alter*, & de γένοσ *genus*.

different que par la diverſité de leurs maſſes & de leurs figures ; comme un cube de porcelaine, d'une ligne d'étendue, differe par ſa maſſe d'un cube de porcelaine de deux lignes d'étendue ; comme ce premier cube de porcelaine differe par ſa figure, ou d'un globe, ou d'un cône, ou d'une pyramide, ou d'un cylindre, faits de la même pâte, d'égale ou d'inégale grandeur. Dans ce ſyſtême, les éléments de l'or, par exemple, ſont en eux-mêmes & dans leur ſubſtance, de même nature que les éléments de la terre ; & ne different des éléments de la terre, que parce que leurs maſſes ſont plus ou moins grandes, ou que ces maſſes ſont différemment configurées : enſorte que ſi on donnoit aux éléments de l'or, la même maſſe & la même figure qu'ont les éléments de la terre, ces éléments qui compoſent une maſſe d'or, ſans aucun changement intrinſeque en leur ſubſtance & en leur nature, compoſeroient une maſſe de terre ; & réciproquement, ſi les éléments de la terre étoient transformés en la même maſſe & en la même figure qu'ont les éléments de l'or, ces éléments qui forment une maſſe de terre, ſans aucune altération dans leur ſubſtance, formeroient une maſſe d'or. On peut dire la même choſe des éléments qui compoſent l'eau, la pierre, l'air, la lumiere, tous les corps.

II°. Ceux qui ſe décident pour l'*hétérogénéité* de la matiere, ſoutiennent que les éléments des divers corps ſont diſſemblables, non-ſeulement par leur maſſe & par leur figure, mais encore par la ſubſtance qui les compoſe ; que les éléments de l'or, par exemple, ſont d'une pâte ou d'une ſubſtance qui ne peut compoſer que de

l'or : enſorte que ſi on transformoit cette ſubſtance de l'or en molécules qui euſſent parfaitement & la même figure & la même maſſe qu'ont les éléments de la terre ou de l'air, ces molécules ainſi transformées ne ceſſeroient point d'être de l'or, ne deviendroient jamais de la terre ou de l'air.

Le grand flambeau de la phyſique, l'expérience, nous refuſe ici totalement ſa lumiere : parce que l'étonnante ténuité des éléments primitifs de la matiere les ſouſtrait néceſſairement à nos obſervations, & nous met hors d'état de les contempler en eux-mêmes. Il ne reſte donc, pour ſe décider entre ces deux opinions, que la voie des ſpéculations & des conjectures ; voie à laquelle peut recourir la phyſique, quand la lumiere de l'expérience l'abandonne.

PROPOSITION I.

143. *Il n'y a aucune preuve d'expérience ou de ſpéculation, qui établiſſe l'hétérogénéité de la matiere : il eſt donc plus ſimple & plus raiſonnable de n'admettre dans la nature, qu'une matiere homogene.*

DÉMONSTRATION. I°. Il n'y a, en faveur de l'hétérogenéité de la matiere, aucune preuve d'expérience : parce qu'il eſt impoſſible d'obſerver la nature intrinſeque des éléments primitifs de la matiere ; & que les différences de figure, de couleur, de ſaveur, de volume, que nous obſervons dans les maſſes réſultantes de ces éléments primitifs, ſe concilient auſſi aiſément avec l'homogénéité qu'avec l'hétérogénéité de la matiere.

II°.

II°. Il n'ý a, en faveur de l'hétérogénéité de la matiere, aucune preuve de ſpéculation : puiſque l'immutabilité des métaux parfaits, la variété de l'univers, l'immutabilité des principaux agens de la nature, qui ſont les ſeules preuves dont on l'étaye, ſont très-compatibles avec des éléments d'une matiere homogene, auxquels le Créateur auroit donné & des maſſes & des figures différentes, deſtinées par ſon ordre immuable à n'être jamais entamées & altérées.

III°. Il conſte par l'expérience, que l'Auteur & le conſervateur de la nature a coutume d'agir par des voies également ſimples & fécondes, ſans employer une inepte redondance de cauſes & de principes, là où ſuffit une ſeule cauſe & un ſeul principe : & c'eſt ſur cette obſervation qu'eſt fondé cet axiome philoſophique, que dans l'explication des phénomenes de la nature, *il ne faut point multiplier les principes ſans néceſſité.* Donc, pour imiter la nature, en expliquant ſa marche & ſes effets, il faut ne point admettre une double eſpece de matiere, là où une ſeule & même eſpece eſt ſuffiſante : donc il eſt plus ſimple & plus raiſonnable de n'admettre dans la nature, qu'une matiere homogene. C. Q. F. D.

PROPOSITION II.

144. *Une matiere ſimplement homogene, ſuffit pour donner une inconcevable diverſité d'éléments, propre à expliquer l'admirable variété de la nature.*

DEMONSTRATION. I°. La matiere étant à l'infini ſuſceptible d'augmentation & de diminution, il eſt évident que le Créateur peut faire d'une matiere homogene, un nombre quelconque d'éléments qui différeront *par leur maſſe*, ſelon toute

proportion arithmétique ou géométrique qu'on voudra assigner : ensorte que les moins grands seront aux plus grands, ou comme la suite croissante des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c; ou comme les quarrés de ces nombres 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, &c; ou en rapports quelconques arbitraires, sans proportion ou avec proportion.

II°. La matiere ayant un nombre inépuisable de parties, dont chacune peut être diversement figurée ; il est évident que le Créateur, avec une matiere homogene, peut former un nombre quelconque d'éléments qui différeront sans fin *par leur configuration*. Ceux-là, taillés à facettes polies ou raboteuses, pourront être variés entre eux à l'infini & par le nombre & par la figure & par la grandeur de leurs faces régulieres ou irrégulieres. Ceux-ci, convexes ou concaves, branchus & crochus, pourront encore différer entre eux à l'infini & par la multitude & par la maniere de leurs branches, de leurs crochets, de leurs concavités.

III°. Il est évident qu'une pareille diversité d'éléments peut produire telle variété qu'on voudra dans les composés qui résulteront de leur combinaison. Par exemple, des globules d'une masse comme infiniment petite, seront susceptibles d'une inconcevable vîtesse ; seront propres à passer avec une étonnante facilité, par des ouvertures imperceptibles : telle est peut-être la lumiere. Des éléments taillés en cubes ou en parallelépipedes, seront propres, en s'unissant, à laisser moins de vuides entre eux, à former des masses plus denses : tel pourroit être l'or. Des éléments sphériques ou coniques

ou cylindriques, très-liſſes & très-polis dans leurs ſurfaces, ſeront propres à former des touts ſans adhérence, des fluides : telle eſt peut-être l'eau. Des éléments branchus, crochus, raboteux, convexes, concaves, s'uniront moins intimément; laiſſeront entre eux de plus grands vuides; formeront des maſſes moins denſes : telle eſt peut-être l'écorce de la plupart des arbres. Un mêlange de ces divers éléments, mêlange évidemment ſuſceptible d'une infinité de combinaiſons & de gradations, ſera propre à former divers mixtes d'une variété quelconque. Donc une matiere ſimplement homogene peut donner une inconcevable diverſité d'éléments, propre à expliquer l'admirable variété de la nature. C. Q. F. D.

PROPOSITION III.

145. *Il eſt vraiſemblable que les éléments de la matiere, homogenes par leur ſubſtance qui les confond, hétérogenes par leurs modifications que les diverſifient, ont reçu du Créateur, des maſſes & des figures qui, quoique diviſibles en elles-mêmes, ne peuvent être entamées & diviſées par aucun agent créé.*

DEMONSTRATION. I°. Il eſt vraiſemblable que la matiere eſt homogene en elle-même & dans ſa nature ; comme on vient de le démontrer (143): donc la diverſité des corps, qui ne découle point de la ſubſtance homogene de leurs éléments, doit découler des modifications hétérogenes de ces mêmes éléments. Donc ce qui conſtitue un corps dans une eſpece, or ou argent plutôt que terre ou eau, c'eſt la forme caractériſtique de ſes éléments; forme qui réſulte

néceſſairement ou de la quantité de leur maſſe, ou de la qualité de leur configuration, ou de l'une & de l'autre à la fois.

II°. La nature & l'eſpece d'un corps (de l'or, par exemple) étant conſtituée ou par la maſſe ou par la configuration de ſes éléments, ou par l'une & l'autre à la fois; il s'enſuit que, pour changer & dénaturer ce corps, il ne s'agiroit que de changer & de dénaturer ou la maſſe ou la configuration de ſes éléments; & que s'il y a des corps qu'aucun agent créé ne puiſſe changer & dénaturer, c'eſt parce que leurs éléments ne peuvent être entamés & diviſés par aucun agent créé. Or il y a des corps qu'aucun agent créé ne peut changer & dénaturer; tels que les métaux parfaits, l'eau, l'air, la lumiere. Quelles horribles tortures la chymie n'a-t-elle pas fait ſubir aux métaux parfaits, ſans jamais venir à bout de les dénaturer! Donc il eſt vraiſemblable que les éléments des métaux parfaits, non-ſeulement ces éléments qui forment leurs parties conſtituantes, mais même ceux qui forment leurs parties intégrantes, doivent être naturellement inſécables & indeſtructibles. Avec quel épouvantable choc les vagues de la mer, accumulées en montagnes, vont-elles, pendant les tempêtes qui les tourmentent depuis le commencement des tems, ſe briſer contre les rochers écumans qui les captivent! Avec quelles horribles ſecouſſes la maſſe de l'air, ſi ſouvent convertie en ouragans furieux, va-t-elle heurter & les forêts qu'elle déracine, & les maiſons qu'elle renverſe, & les plaines qu'elle ravage, & les montagnes qu'elle ſemble devoir ébranler! Avec quelle inconcevable impétuoſité les balons de

lumiere, environ 1423016 fois plus rapides qu'un boulet de canon qui bat en breche (854), vont-ils frapper les divers corps qui les abſorbent ou qui les réfléchiſſent ! Or l'expérience nous fait voir que ces affreuſes ſecouſſes qu'eſſuient, depuis le commencement du monde, les éléments de l'eau, les éléments de l'air, les éléments de la lumiere, n'alterent point ces trois eſpeces de ſubſtances; leſquelles reſtent toujours les mémes, ſans changer de nature, ſans devenir de jour en jour plus atténuées & plus ſubtiles: donc les éléments de l'eau, les éléments de l'air, les éléments de la lumiere, doivent être naturellement inſécables & indeſtructibles.

III°. L'expérience nous autoriſe à juger qu'il y a des corps, tels que les métaux parfaits, l'eau, l'air, la lumiere, dont les éléments ne peuvent être naturellement entamés & diviſés; aucune expérience ne nous autoriſe à juger qu'il y ait des corps dont les éléments primitifs, qui forment leurs parties conſtituantes, puiſſent être naturellement entamés & diviſés: donc, en jugeant par analogie, des éléments qui ſe refuſent à nos expériences & à nos obſervations, par ceux qui ſont ſoumis à nos expériences ou expoſés à nos obſervations, on eſt bien fondé à penſer que les éléments des divers corps ſont naturellement inſécables & indeſtructibles.

IV°. Si les éléments quelconques de la matiere n'étoient pas naturellement inſécables & indeſtructibles, ces éléments qui, par la diverſité de leurs maſſes & de leurs figures forment la variété des corps, devroient par le frottement continuel qu'occaſionne l'action permanente de la nature, ronger & entamer ſans ceſſe leurs

angles, leurs éminences, leurs ſurfaces; devroient, par la perte de ces angles & de ces points éminents, ſe convertir tous en éléments plus ou moins parfaitement ſphériques : ce qui n'iroit à rien moins qu'à détruire dans ſon principe, & l'harmonie & la variété & la ſtabilité de la nature. Donc l'expérience, qui nous montre comme conſtante & comme indeſtructible cette harmonie de la nature, nous fonde à conclure que les divers éléments des corps quelconques, doivent être naturellement inſécables & indeſtructibles; & par là même, incapables d'être entamés & diviſés par aucun agent créé. C. Q. F. D.

146. COROLLAIRE I. Il ſuit de là, que *tous nos efforts dans la diviſion des corps, ne peuvent aboutir qu'à écarter & à ſéparer des éléments contigus;* ſans parvenir jamais à entamer les angles & les maſſes mêmes de ces éléments primitifs, dont les parties qui les compoſent, ont entre elles une adhérence comme infinie, adhérence décernée librement par le Créateur pour rendre indeſtructibles & permanens les divers principes des corps. La combuſtion, la putrefaction, la diſſolution, diviſent & décompoſent les parties intégrantes des corps, ſans en altérer les parties conſtituantes, qui reſtent toujours les mêmes après la décompoſition.

147. COROLLAIRE II. Il ſuit encore de là, qu'*il y a peu de lumiere & de raiſon dans ces alchymiſtes, qui ſacrifient & leur tems & leur fortune à la recherche de la pierre philoſophale.*

Chercher la pierre philoſophale, c'eſt chercher l'art ou la maniere de convertir les éléments ou du cuivre, ou de l'étaim, ou du plomb, ou

du mercure, ou de la terre, ou des divers mixtes, en éléments de l'or ou de l'argent. Recherche insensée & chimérique, dans tout système raisonnable sur les éléments des corps : puisque dans tout système où l'on part du point fixe de la stabilité de la nature ; soit que l'on suive le sentiment de Zénon, soit que l'on adopte l'opinion de Gassendi, soit qu'on se décide pour le sentiment beaucoup plus vraisemblable que nous venons d'établir, il faut toujours admettre une vraie indestructibilité dans les éléments primitifs de la matiere.

S'il étoit possible de faire prendre aux éléments des différens corps & la même masse & la même configuration qu'ont les éléments de l'or ou de l'argent, ces divers corps pourroient être transformés & convertis en or ou en argent. Mais l'expérience de tant de siecles, après tant d'efforts vainement réitérés, annonce suffisamment qu'il n'est point donné aux hommes d'opérer une telle métamorphose ; & la stabilité de la nature, stabilité décernée par le Créateur, exige nécessairement qu'une telle métamorphose soit absolument impossible à tous les efforts des agens créés : sans quoi les agens créés, en altérant les éléments primitifs des corps, pourroient détruire l'harmonie de la nature, & renverser l'ordre établi par le Créateur.

Objections a réfuter.

148. Objection I. La principale preuve en faveur de l'homogénéité de la matiere, c'est la riche & féconde simplicité qu'on suppose à l'Auteur de la nature dans l'exécution de ses desseins. Mais est-il bien décidé que l'Auteur de la na-

ture agiſſe, comme on le prétend, par les voies les plus ſimples & les plus générales ? L'Auteur de la nature ſe montreroit-il & moins riche & moins grand dans ſes œuvres, en prodiguant les principes, qu'en épargnant les principes, pour multiplier & varier les effets ? D'ailleurs, il étoit plus ſimple de produire le monde en un ſeul inſtant, que de le produire en ſix jours; & cependant le Créateur ſe décida à employer ſix jours, au lieu d'un inſtant, pour le grand œuvre de la création : c'eſt donc ſans fondement que l'on ſuppoſe que l'Auteur de la nature agit par les voies les plus ſimples & les plus générales.

RÉPONSE. I°. Il nous conſte *par la raiſon*, que l'Auteur de la nature, eſſentiellement libre dans ſes œuvres, n'eſt point néceſſité à agir toujours ſelon les voies que nous jugeons les plus ſimples. Nous reconnoiſſons donc qu'il peut abſolument s'en écarter, quand il lui plaît, pour des motifs dignes de ſa ſageſſe.

II°. Il nous conſte par une autorité infaillible, *par la révélation*, qu'il a plu au Créateur d'employer ſix jours, au lieu d'un ſeul inſtant, au grand ouvrage de la création; ſoit pour donner plus de majeſté & de ſenſibilité à cet ineffable événement, en lui donnant une durée & une étendue qui le met plus en priſe à notre imagination & à notre intelligence, qui nous met plus à portée de le ſuivre & de l'admirer; ſoit pour quelqu'autre motif plus ſublime & plus profond, que ſa ſageſſe avoue en même tems qu'elle nous le cache.

III°. Il nous conſte *par l'expérience*, que l'Auteur de la nature, eſſentiellement libre dans ſes œuvres, a choiſi de préférence les voies les plus

ſimples & les plus fécondes, pour conſerver & pour perpétuer la nature : puiſqu'une même gravitation attire tous les corps vers leurs centres, & opere tous les phénomenes qui peuvent en réſulter; puiſqu'une même élaſticité met en jeu toute la maſſe de l'air, & produit tous les effets qui peuvent en découler; puiſqu'un même feu élémentaire affecte tous les êtres ſenſibles, qu'il meut, qu'il écarte ou qu'il rapproche, qu'il réunit ou qu'il diviſe, qu'il entretient ou qu'il détruit, ſelon la quantité de ſon action. D'où nous concluons que, puiſque l'Auteur de la nature agit communément & conſtamment par les voies les plus ſimples & les plus fécondes, & qu'aucune raiſon ne démontre qu'il ſe ſoit écarté de cette maniere grande & ſublime dans la production des éléments de la matiere; il ne faut point admettre une multiplicité d'eſpeces différentes de matiere, là où une ſeule eſpece de matiere eſt ſuffiſante.

IV°. L'Auteur de la nature ne ſe montreroit pas moins riche, mais il ſe montreroit moins ſage, en prodiguant les cauſes & les principes ſans raiſon : comme un artiſte ſe montreroit moins ſage & moins habile, en multipliant les reſſorts & les rouages, pour mouvoir une machine qui n'en exigeroit qu'un ſeul. Or, quelle raiſon peut-il y avoir d'employer conſtamment & perſévéramment dans la nature, une inutile redondance de cauſes & de principes, là où une ſeule cauſe ou un ſeul principe eſt néceſſaire & ſuffiſant? Donc la preuve ou la raiſon par laquelle nous établiſſons l'homogénéité de la matiere, eſt une raiſon très-philoſophique & très-ſolide.

149. OBJECTION II. Comment concevoir & comment se persuader qu'un corps dur & pesant, tel que le marbre & le chêne, soit composé de la même matiere qu'un corps léger & fluide, tel que l'air & la lumiere? Des propriétés si différentes n'annoncent-elles pas évidemment une différence de substance dans ces corps?

RÉPONSE. I°. L'air, qui paroît léger, a une pesanteur réelle, proportionnelle à la quantité de ses molécules: comme nous le démontrerons ailleurs. L'air, qui paroît sans résistance, quand il a une libre issue pour s'écarter ou pour s'échapper, montre sensiblement sa résistance, quand on enfonce perpendiculairement dans l'eau un grand gobelet de verre renversé, sous lequel on a mis un petit morceau de liege pour marquer l'élévation de l'eau dans l'intérieur du verre. Cette masse fluide d'air, renfermée entre l'eau & l'intérieur du verre, quoique peu matérielle, est pourtant composée de parties réellement solides & impénétrables, qui occupent exclusivement un espace; qui résistent efficacement à l'eau, & l'empêchent de s'élever jusqu'au fond du verre; qui, flexibles & élastiques, peuvent bien se réduire à un moindre volume, mais dont le volume ne peut jamais être réduit à zéro. Un pied cube d'air n'est environ 800 fois moins pesant & moins résistant qu'un pied cube d'eau, que parce qu'un pied cube d'air a une quantité de matiere environ 800 fois moindre qu'un pied cube d'eau: donc, en rassemblant dans l'espace d'un pied cube, 800 fois autant de molécules d'air qu'il y en a dans un pied cube d'air, on en feroit une masse aussi dense que l'eau, plus dense que le sapin & le chêne, qui flottent sur l'eau.

II°. La lumiere, composée d'éléments d'une ténuité & d'une vîtesse inconcevables, réunie & concentrée par le moyen d'un miroir ardent en un même foyer, fond l'or, enflamme le bois, divise & calcine les corps les plus compactes & les plus résistans : donc la matiere de la lumiere a une masse, qui, multipliée par sa vîtesse, donne une force motrice ou une somme de mouvement : donc une quantité considérable de cette matiere, réunie en un même tout, & dépouillée de son mouvement, pourroit former une masse solide, résistante, palpable, impénétrable, gravitante; comme les divers corps sensibles.

III°. Pourquoi donc cette matiere de l'air ou de la lumiere, rassemblée en quantité considérable, & transformée en molécules parfaitement semblables aux molécules de l'or ou du marbre, ne pourroit-elle pas opérer les mêmes effets que produit l'or ou le marbre? Et si la matiere de l'air ou de la lumiere, par le moyen d'une grande condensation, par le moyen de quelques modifications différentes, peut produire les mêmes effets que produit l'or ou le marbre; sur quel fondement peut-on prétendre que la matiere qui compose l'air ou la lumiere, l'or ou le marbre, differe réellement dans ces divers corps, autrement que par la diversité de ses modifications?

IV°. Tout le monde sait que le diamant s'évapore & se volatilise tout entier au grand feu, sans laisser aucun vestige de sa substance : comme on peut s'en convaincre par une foule d'expériences rapportées dans la gazette de France de 1771, page 280. Si l'on pouvoit voir

les éléments du diamant ainsi volatilisés, croiroit-on que cette nuée infiniment subtile fût propre à former, par sa réunion, un corps tel que le diamant? Quelle accablante observation pour ceux que pourroit encore révolter ici l'idée d'une matiere homogene! On peut dire la même chose de l'or volatilisé par le feu du miroir ardent.

150. OBJECTION III. Une des principales preuves qu'on apporte en faveur de l'insécabilité des éléments, c'est l'immutabilité des métaux parfaits. Mais cette prétendue immutabilité des métaux parfaits, n'est-elle pas détruite & démentie par les expériences rapportées dans les mémoires de l'académie des sciences, sous les années 1702 & 1707? Voici la maniere & le résultat de ces expériences.

Thschirnaus ou Thschirnausen, gentilhomme de Lusace, trouva l'art, vers la fin du dernier siecle, de fondre de grandes loupes de verre, de trois ou quatre pieds de diametre, sans stries & sans bulles d'air. Le fameux duc d'Orléans, qui aimoit les sciences & les arts, au moins autant que les plaisirs, se procura une de ces loupes merveilleuses, dont la Maison d'Orléans accorde l'usage à l'académie des sciences. Cette loupe, ou ce miroir ardent, exposée au soleil dans un des beaux jours d'été, concentre en un même foyer une immense quantité de rayons, qu'on réunit encore davantage par le moyen d'une petite lentille de verre, & dont l'activité surpasse de beaucoup l'activité des fourneaux les plus ardens qu'on ait pu mettre en usage jusqu'à présent.

Si on place sur un charbon, un morceau d'or

exposé au foyer de ce miroir ; à l'instant cet or se fond, bouillonne, pétille, jaillit en petits globules liquides qui s'élancent à sept ou huit pouces de distance, & qui, reçus sur une feuille de papier, présentent à l'œil une poudre d'or très-fine. Quand l'or est devenu liquide, si on l'éloigne un peu du foyer de ce miroir ardent, une partie de cet or s'évapore en fumée jaune ; l'autre partie reste & se convertit en verre, dont la couleur ressemble à celle de l'or, mais dont la pesanteur plus grande que celle du verre ordinaire, est beaucoup moindre que celle de l'or même. Donc les éléments de l'or sont entamés & dénaturés dans cette expérience : donc les éléments de l'or ne sont point insécables & indestructibles.

RÉPONSE. Cette expérience ne prouve rien contre l'insécabilité des éléments de la matiere, pour deux raisons : 1°. parce qu'il n'est point décidé que ce soient les éléments mêmes de l'or qui se convertissent en verre : 2°. parce que quand même il seroit sûr que ce sont les éléments de l'or qui se convertissent en verre, il ne s'ensuivroit pas que les éléments de l'or aient été entamés & tronqués en eux-mêmes.

I°. *Il n'est pas démontré que ce soient les éléments mêmes de l'or qui se convertissent en verre.* Ce verre peut se former par le moyen des particules *terreuses* & *salines*, que la chaleur fait exhaler du sein du charbon & des corps voisins qu'on emploie pour l'expérience, ou qui déja répandues dans la masse de l'air, se précipitent continuellement avec le torrent de l'air dans le sein de la matiere bouillonnante pendant tout le tems de l'expérience. L'or, placé au foyer du

miroir ardent, jaillit en particules plus ſenſibles, emportées par une chaleur plus violente : l'or, un peu écarté de ce même foyer & expoſé à un feu moins violent, continue à bouillonner & à jaillir en particules plus inſenſibles, qui forment le torrent de fumée en laquelle il s'évapore. Pendant l'expérience où l'or écarté du foyer s'exhale en fumée, les éléments de l'or ſe diſſipent en particules imperceptibles, diviſées & emportées par l'action du feu, ſans être décompoſées & dénaturées ; & en leur place ſe ſubſtituent des ſables & des ſels, voiturés par le torrent de l'air, qui s'accumulent ſucceſſivement dans la matiere bouillonnante & que l'action du feu vitrifie (604). Delà la formation du verre qu'on trouve en la place de l'or, après l'expérience (135). Ce verre eſt plus peſant que le verre ordinaire : parce qu'il reſte dans ce verre une quantité conſidérable de molécules d'or non-dénaturées, que les ſables & les ſels arrêtent & captivent dans leurs concavités, & de qui ces ſables & ces ſels vitrifiés empruntent la couleur d'or qui les caractériſe.

Ce qui arrive à l'or, arrive à peu près de même à l'argent dans la même expérience. Un morceau d'argent, placé ſur un charbon & expoſé au foyer du miroir ardent, ſe fond, bouillonne, pétille, & jaillit en petites gouttes : un peu écarté du foyer de ce même miroir, il s'évapore en fumée ; & ſur ſa ſurface liquide il préſente comme une petite pouſſiere vitrifiée, qui s'évapore & ſe diſſipe à meſure qu'elle ſe forme, & qui par là même ne laiſſe point une maſſe vitrifiée qu'on puiſſe obſerver après l'expérience. Il eſt probable que cette pouſſiere vitrifiée, que

l'œil découvre ſur la ſurface de l'argent liquide, eſt le réſultat des ſables & des ſels que le torrent de l'air précipite ſans ceſſe dans la matiere bouillonnante, & que la violence du feu vitrifie à meſure qu'ils y arrivent. Mais pourquoi cette matiere vitrifiée ſe diſſipe-t-elle dans l'expérience de l'argent, tandis qu'elle reſte & qu'elle ſe forme en maſſe ſubſiſtante dans l'expérience de l'or? Queſtion totalement étrangere & abſolument indifférente à la matiere préſente! On peut ſoupçonner, dans la matiere de l'or, ou une affinité, ou une viſcoſité, ou une propriété quelconque, capable de retenir & de fixer les ſables & les ſels vitrifiés, laquelle ne ſe trouvera pas de même dans la matiere de l'argent. Le miroir ardent opere à peu près les mêmes phénomenes ſur la platine, le plus réfractaire de tous les métaux.

II°. *Quand même il ſeroit sûr que les éléments de l'or ſe convertiſſent en verre, il ne s'enſuivroit pas que les éléments de l'or aient été entamés & tronqués en eux-mêmes.* Dans l'hypotheſe où la ſubſtance même qui compoſe l'or, eſt convertie en verre; les métaux parfaits, ainſi que les autres ſubſtances métalliques, ſont de vrais mixtes, dont le phlogiſtique & la terre élémentaire feront les deux principales parties conſtituantes (130). La terre élémentaire des métaux parfaits, privée de ſon phlogiſtique qui s'évapore en fumée, eſt réduite à ſa ſimple qualité de terre, propre à être vitrifiée comme la terre des autres ſubſtances métalliques: ce qui n'annonce dans l'or vitrifié, ainſi que dans le plomb vitrifié, qu'une ſimple décompoſition ou ſéparation de ſes principes, & l'introduction de divers ſels fixes entre les

éléments de la terre élémentaire, ſans aucune altération dans les molécules primitives de cette terre élémentaire.

151. OBJECTION IV. On invente tous les jours de nouvelles machines & de nouveaux inſtrumens propres à augmenter l'activité de la nature. Comment prouver qu'on n'inventera pas un jour des inſtrumens & des machines qui décomposeront les éléments primitifs des corps, ou les molécules primitives qui ſont leurs parties conſtituantes, & qui, par leur mêlange & leur combinaiſon, forment leurs parties intégrantes? Comment prouver que la chymie, qui ſépare & décompoſe ces parties intégrantes, ne parviendra pas un jour à ſéparer & à décompoſer les parties même conſtituantes, qui ſont auſſi de petits touts compoſés d'une infinité de parties (62)? Donc, quoique les éléments primitifs des corps aient réſiſté juſqu'à préſent à tous les efforts des agens créés, il ne s'enſuit pas que ces éléments primitifs ne puiſſent point abſolument être entamés & diviſés par les agens créés.

RÉPONSE. Il eſt vraiſemblable que l'action de la nature ne ſera jamais plus grande qu'elle a été juſqu'à préſent: il eſt vraiſemblable que les agens créés n'inventeront jamais des inſtrumens qui ſurpaſſent en activité, l'activité de la nature dans les embraſemens des villes, dans les éruptions enflammées des volcans, dans les épouvantables phénomenes de la foudre & des tremblemens de terre, dans les violentes & permanentes ſecouſſes des flots, des ouragans, de la lumiere. Donc il eſt vraiſemblable que l'action des agens créés, qui a été juſqu'à préſent inſuffiſante

ſiſante pour altérer la nature dans les éléments primitifs dont elle eſt compoſée, ne viendra jamais à bout d'opérer dans ces éléments primitifs une altération qui iroit à détruire & l'harmonie & la ſtabilité de la nature.

152. OBJECTION V. Les éléments des corps s'alterent ſans ceſſe, ſe décompoſent & ſe recompoſent chaque jour. Les éléments du bois, par exemple, ſe décompoſent, par la combuſtion ou par la putréfaction, en éléments de terre, de feu, d'eau, d'air, de divers ſels. Ces éléments décompoſés, répandus dans le ſein ou de la terre ou de l'athmoſphere, vont ſe recompoſer en d'autres éléments, deſtinés à former de nouveaux corps, minéraux, végétaux, animaux. Donc l'inſécabilité des éléments eſt diamétralement oppoſée à toute la théorie de la nature.

RÉPONSE. I°. La combuſtion, ou la putréfaction, altere & détruit le compoſé, ſans altérer les parties primitives qui forment le compoſé: elle décompoſe & dénature les parties intégrantes d'un mixte, ſans décompoſer & dénaturer les parties conſtituantes de ce mixte. Soit un petit atome de bois, formé par un mêlange caractériſé de parties terreuſes, ſalines, ignées, aériennes, aqueuſes ! Que fait la combuſtion ou la putréfaction ſur cet atome ? Elle diviſe & ſépare les particules hétérogenes, qui par leur réunion & leur aſſortiment, déterminent cet atome à être bois plutôt que marbre : mais elle n'entame point les éléments primitifs, qui ſont les parties conſtituantes de cet atome. Les molécules d'air, de feu, d'eau, de terre, que la décompoſition extrait de cet atome de bois, ſont

hors du composé, précisément ce qu'elles étoient dans le composé, au mêlange près. Si je mêle ensemble de l'eau, de l'huile, du vin, il en résultera un mêlange caractérisé, où ces trois liqueurs qui le constituent, conservent chacune leur nature. La séparation de ces trois liqueurs détruira la nature du mêlange, & non la nature des trois constitutifs qui forment le mêlange. Il en est de même du mêlange naturel, qui forme un mixte : les parties constituantes conservent leur nature pendant la composition ; & la décomposition ne fait que les dégager des particules hétérogenes auxquelles elles étoient unies.

II°. Les éléments primitifs des corps, que la combustion ou la putréfaction divise & sépare, répandus & dispersés dans la masse ou de l'air, ou de l'eau, ou de la terre, vont former de nouveaux mixtes ou d'une nature semblable, ou plus souvent encore d'une nature différente : ce qui annonce dans ces éléments primitifs, non de nouvelles masses & de nouvelles configurations, mais simplement de nouvelles aggrégations, de nouveaux assortimens, de nouvelles combinaisons, de nouveaux mêlanges, qu'occasionnent ou les différens degrés d'affinité qui les attirent, ou les différentes impulsions qui les meuvent, ou les différens véhicules qui les voiturent, ou les différens canaux qui leur donnent ou qui leur refusent passage. Soit un arbre quelconque, un cerisier, par exemple, dans un verger planté de cent especes différentes d'arbres fruitiers ! Ce cerisier n'a pas une égale affinité avec tous les éléments qui avoisinent ses racines & ses pores : il attirera donc plus puissamment & plus abondamment certains élé-

ments, que certains autres éléments. Les pores & les canaux internes de ce cerisier, soit dans ses racines destinées à pomper les sucs de la terre, soit dans ses branches & dans ses feuilles destinées à sucer les vapeurs de l'athmosphere, n'offrent pas une entrée également facile à tous les éléments qui se présentent à leurs orifices: il donnera donc & plus facilement & plus copieusement entrée à certains éléments, qu'à certains autres éléments. Delà la différence de ses feuilles, de ses branches, de son écorce, de son tronc, de ses fruits; différence qui vient de ce que ce cerisier se forme & se féconde par un mêlange d'éléments primitifs, différent du mêlange qui forme & qui féconde le pommier ou le poirier qui végete & fructifie à ses côtés.

SECONDE SECTION.

NATURE DES CORPS.

153. OBSERVATION. CONNOÎTRE la nature des corps, c'est connoître & *les principes* qui les constituent, & *les propriétés* qui les caractérisent. C'est sous ce double point de vue que nous allons examiner les corps en général, sans nous attacher encore à aucune espece isolée de corps en particulier.



ARTICLE PREMIER.

PRINCIPES DES CORPS.

154. OBSERVATION. La philoſophie a reconnu de tout tems que la plupart des corps naturels peuvent être réduits, par la décompoſition, en d'autres ſubſtances moins compoſées, aſſez ſemblables entre elles, & à peu près toujours les mêmes, de quelque nature que ſoit le compoſé dont on les ſépare. Cette importante obſervation a donné lieu de croire que les diverſes eſpeces de corps qui compoſent la nature, n'étoient que les réſultats d'un petit nombre de ſubſtances plus ſimples, dont les divers aſſortimens formoient la diverſité de tous les corps, ſimples ou compoſés; les corps ſimples ne renfermant qu'une ſeule & même eſpece de ces ſubſtances primitives; les corps compoſés réſultant d'un mêlange de ces diverſes ſubſtances primitives.

155. DÉFINITION. Ces ſubſtances plus ſimples, ſuppoſées réduites à leur derniere décompoſition naturelle, c'eſt ce qu'on entend par *principes des corps*. Le nombre & la qualité de ces ſubſtances plus ſimples, ou de ces principes des corps, ont toujours partagé & partagent encore les philoſophes en différens ſentimens que nous allons expoſer.

SENTIMENT I.

Les quatre éléments d'Ariſtote.

156. EXPLICATION. Ariſtote, ce vaſte & profond génie, qui répandit ſur la philoſophie

quelques nuages & de grandes lumieres ; qui, embraſſant à la fois tous les genres de connoiſſances, créa les loix de la dialectique, fixa les regles du goût dans l'éloquence & dans la poéſie, connut la nature auſſi parfaitement qu'elle pouvoit être connue de ſon tems ; mais qui, par ſon accablante réputation, donnant le ton à ſon ſiecle & aux ſiecles ſuivans, eut le malheur de prendre un empire deſpotique ſur la raiſon, & de mériter d'être aveuglément commenté par des diſciples d'un génie opaque & brouillé avec le ſens commun, capables d'avilir & de ridiculiſer le plus grand maître : Ariſtote admit pour *principes des corps*, une matiere homogene, diviſée en quatre eſpeces d'éléments primitifs, uniquement différenciés par la diverſité de leurs maſſes & de leurs configurations qui en faiſoient comme la forme caractériſtique & déterminatrice. Ces quatre éléments primitifs ſont l'*air*, la *terre*, l'*eau*, le *feu*. (187.)

On ſera ſans doute étonné, qu'après les obſervations & les découvertes modernes des Boyles, des Hales, des Becher, des Sthal, de tous les plus célebres phyſiciens & chymiſtes des derniers ſiecles, on ſoit réduit à admettre à préſent comme principes des corps, les quatre éléments qu'Empedocle & Ariſtote avoient indiqués comme tels, ſi long-tems avant qu'on eût les connoiſſances de chymie néceſſaires pour conſtater une telle vérité. En effet, de quelque maniere que la chymie analyſe & décompoſe les corps, elle ne peut jamais en extraire que ces quatre ſubſtances. Elles ne viennent pas d'abord pures & ſimplifiées, dégagées & ſéparées les unes des autres, dans les premieres décom-

positions: mais les divers résultats des premieres décompositions, soumis à de nouvelles analyses, n'aboutissent qu'à dégager & à séparer plus ou moins parfaitement ces quatre substances, qui, sans être peut-être simples en elles-mêmes, sont pourtant le dernier terme de l'analyse chymique; ensorte que l'art n'en peut donner aucune ultérieure décomposition.

SENTIMENT II.

La matiere premiere & seconde du péripatétisme.

157. EXPLICATION. Les péripatéticiens, défigurant sans doute la doctrine d'Aristote leur maître, admettoient pour principes des corps, une matiere premiere & une matiere seconde. Ils concevoient la *matiere premiere*, comme un sujet vague & indéterminé, qui n'avoit par lui-même aucune forme déterminatrice, mais qui étoit capable de recevoir toutes les formes déterminatrices possibles. Ce sujet vague & indéterminé, venoit-il à recevoir une *forme substantielle* quelconque, par exemple, la forme substantielle propre de l'air, ou de l'eau, ou du bois, ou de la pierre, ou de la lumiere? A l'instant ce sujet vague & indéterminé, auparavant matiere premiere, devenoit *matiere seconde*, matiere caractérisée dans une espece déterminée, air, eau, bois, pierre, lumiere, selon la nature de la forme substantielle qui lui étoit appliquée & unie.

Selon les péripatéticiens, les principes des corps étoient une matiere homogene, diversifiée & caractérisée dans les différens corps par

la diverſité des formes ſubſtantielles qui en étoient comme l'ame. Chaque eſpece de corps, chaque eſpece d'élément, avoit ſa forme ſubſtantielle à part, différente ou diſtinguée de la forme ſubſtantielle de tout autre corps : comme l'ame d'Alexandre étoit diſtinguée de l'ame de Porus, & différente de l'ame de Bucephale.

Différens des hommes & des brutes, mais animés comme eux, les végétaux avoient chacun une *ame végétative*, qui préſidoit à leur formation, qui choiſiſſoit à propos parmi les divers ſucs de la terre, ceux qui convenoient à la nature de l'individu dont elle faiſoit partie. Un ſauvageon enté avoit, outre ſon ame primitive, l'ame de l'ente qui lui étoit implanté & incorporé : par-là il produiſoit des fruits d'une meilleure ſaveur; parce que deux ames faiſoient mieux dans lui, que n'eût fait une ſeule ame. Les divers réſultats de cette matiere premiere & de ces formes ſubſtantielles, avoient différentes propriétés, dont on n'aſſignoit aucune cauſe : ces propriétés, réſultantes de la matiere premiere & de la forme ſubſtantielle qui lui étoit unie dans chaque eſpece de corps, c'eſt ce qu'ils nommoient *qualités occultes*. Par exemple, l'eau rafraîchiſſoit, parce que la forme ſubſtantielle de l'eau avoit une qualité occulte réfrigérante : le bois s'enflammoit, parce que la forme ſubſtantielle du bois quelconque avoit une qualité occulte combuſtible.

Le grand vice des formes ſubſtantielles & des qualités occultes du péripatétiſme, c'eſt d'être un je ne ſais quoi qu'on ne pouvoit ni définir, ni concevoir; & qu'on faiſoit abſurdement ſervir

à expliquer tout ce qu'on vouloit, ſans rien expliquer en effet.

158. REMARQUE. Ce qui donna lieu à cet abſurde délire des péripatéticiens, c'eſt ſans doute une bévue ſtupide qui leur fit confondre la matiere *enviſagée dans un état d'abſtraction* & de préciſion, avec la matiere *telle qu'elle exiſte en* elle-même & dans la nature. La matiere enviſagée dans un état d'abſtraction & de préciſion, ou conſidérée ſimplement comme matiere, ne préſente à l'eſprit aucune eſpece de corps déterminée : voilà *la matiere premiere* du péripatétiſme; matiere qui, dans cet état d'abſtraction & de préciſion, n'exiſte & ne peut exiſter qu'en image dans les idées préciſives (*Met.* 114, 112); matiere qui, dans les divers corps, exiſte néceſſairement avec des qualités ſpécifiques, dont l'eſprit peut faire abſtraction, en la concevant, mais dont l'eſprit ne peut la dépouiller en réalité. Cette matiere, homogene par ſa nature, mais toujours & par-tout eſſentiellement matiere, n'a aucun beſoin de *formes ſubſtantielles* pour former différentes eſpeces de corps; il ne lui faut pour cela que des modifications différentes. (144.)

Je puis penſer à un triangle en général, ſans fixer ma penſée au triangle équilatéral, au ſcalene, à l'iſoſcele : mais il faut pourtant qu'un triangle qui exiſte, ſoit l'un de ceux-là. De même je puis penſer à la matiere en général, ſans la concevoir comme eau, comme feu, comme air, comme terre, & ainſi du reſte : mais il n'y a aucune matiere qui ne ſoit quelque choſe de cela. Une matiere générique & indé-

terminée, une matiere premiere, qui ait besoin d'une forme quelconque pour être matiere seconde, est une rêverie & une absurdité.

SENTIMENT III.

Les atomes étendus ou inétendus.

159. EXPLICATION. Les principes primitifs des différens corps, ne sont autre chose que des atomes étendus & indivisibles, selon Démocrite, Epicure & Gassendi; que des atomes inétendus ou des points physiques, selon Zénon; que des monades simples, inétendues, dissemblables & actives par leur nature, selon Leibnitz.

Comme nous avons déja exposé & renversé tous ces systêmes, en traitant de la divisibilité de la matiere; nous nous abstiendrons d'en donner ici une nouvelle & inutile réfutation. (55,46,53.)

SENTIMENT IV.

Les particules similaires d'Anaxagore.

160. EXPLICATION. Anaxagore, natif de Clasomene, dédaignant les absurdes systêmes des anciens philosophes, qui n'admettoient, pour la formation de l'univers, qu'une aveugle matiere & un aveugle hasard, imagina son *homéomérie*, ou son systême des particules similaires.

La matiere, dit Anaxagore, n'étoit d'abord qu'une masse brute, qu'un informe chaos. La suprême Intelligence, qui aime essentiellement l'ordre & la perfection, travailla sur cette matiere brute & informe, & en fit une foule d'especes différentes d'éléments: en telle sorte

que les éléments de chaque espece, différens des éléments de toute autre espece, furent tous parfaitement semblables entre eux. Tels sont, selon ce philosophe, les principes des corps. Ces éléments semblables, taillés avec un art infini dans leur inconcevable ténuité, ont entre eux une *attraction*, ou une tendance naturelle, qui les emporte les uns vers les autres avec des forces parfaitement égales, & en vertu de laquelle ils semblent empressés de s'unir ensemble, de s'éloigner des éléments dissemblables, & de former par leur concours, des touts de leur espece.

C'est d'après cette hypothese, qu'Anaxagore entreprend d'expliquer le grand mystere de la formation & de la reproduction des corps. L'univers, d'abord formé sous la direction de cette suprême Intelligence qui en tailla & en prépara les principes, se conserve & se perpétue par l'attraction permanente de ces principes indestructibles. Un corps animal, le corps humain, par exemple, se forme ou s'entretient ; parce que les alimens dont il se nourrit renferment des particules parfaitement semblables aux parties intégrantes de son sang, de ses veines, de ses os, de ses nerfs, de ses muscles, de sa peau, de ses esprits vitaux, de ses cartilages, de ses ongles, de ses cheveux ; & ainsi du reste. Ces *particules similaires*, mêlangées & confondues dans la masse des alimens, vont naturellement s'unir aux parties du corps humain avec lesquelles elles ont de la ressemblance. Ce corps humain vient-il à se décomposer par la mort & par la putrefaction ? les éléments qui le composent, après s'être répandus dans la terre ou dans l'atmosphere, tou-

jours indeſtructibles & inaltérables, s'aſſemblent dans les parties des animaux & des végétaux avec leſquelles ils ont de l'analogie, & par le moyen deſquelles ils iront de nouveau nourrir & former de la même maniere, & par le même méchaniſme, les générations ſuivantes. L'enfant qui vient d'être conçu, leur devra ſon développement & ſon accroiſſement : l'homme mûr leur devra la réparation permanente de ſes pertes, & l'entretien conſtant de ſa vigueur. Il en eſt de même des autres corps. Un germe de chêne, par exemple, placé dans le ſein d'une terre favorable, ſe convertit peu à peu en arbre : parce que la terre où il ſe développe, lui fournit ſucceſſivement des particules analogues & à ſon tronc & à ſon écorce & à ſes feuilles & à ſes fruits ; leſquelles particules, en vertu de leur attraction, s'uniſſent & s'attachent ſans ceſſe aux parties ſimilaires de ce germe plus ou moins développé, & le portent à la fin à ſon entier accroiſſement.

L'eſprit humain pouvoit-il, au tems d'Anaxagore, imaginer rien de plus beau que cette hypotheſe ? Si l'on n'y voit pas encore la vraie phyſique débrouillée & ſimplifiée, on y voit déja, outre l'action d'un Dieu auteur de la nature, le germe de l'attraction du grand Newton, le germe des affinités des chymiſtes, le germe des molécules organiques du célebre Buffon (*).

(*) Voici comment cette hypotheſe eſt rendue par le poëte Lucrece, dans ſon premier livre :

Nunc & Anaxagoræ ſcrutemur Homœomeriam,
Quam Græci memorant, nec noſtrâ dicere linguâ

SENTIMENT V.

L'eau principe de tout, ſelon Thalès.

161. EXPLICATION. Thalès, natif de Milet, le premier des ſept ſages de la Grece, & le chef de l'école Ionienne, enſeigna que l'eau eſt le principe de tous les corps. Il fondoit ſon ſentiment ſur ce que les corps, en ſe décompoſant, ſe réduiſent en vapeurs, les vapeurs en pluie, la pluie en plantes & en fruits.

Cette opinion étoit tombée depuis long-tems dans le diſcrédit & dans l'oubli : la fameuſe expérience de Van-Helmont faillit la remettre en vogue. Ce Batave prit une certaine quantité de terre, la fit ſécher dans un four bien chaud, la peſa, la plaça dans un vaſe iſolé, & y planta un rameau de ſaule, qui, expoſé à l'air & arroſé à propos, devint un arbre. L'arbre fut enſuite arraché; & la terre, ſéchée & peſée comme auparavant, ſe trouva n'avoir rien perdu de ſon poids. Delà, Van-Helmont conclut que l'eau ſeule avoit formé ce ſaule. Mauvaiſe conſé-

Concedit nobis patrii ſermonis egeſtas :
Sed tamen ipſam rem facile eſt exponere verbis,
Principium rerum quam dicit, Homeomeriam.
Oſſa videlicet è pauxillis atque minutis
Oſſibu', ſic & de pauxillis atque minutis
Viſceribus viſcus gigni, ſanguenque creari
Sanguinis inter ſe multis coeuntibu' guttis :
Ex aurique putat micis conſiſtere poſſe
Aurum; & de terris terram concreſcere parvis :
Ignibus ex ignem, humorem ex humoribus eſſe :
Cætera conſimili fingit ratione, putatque.

quence ! Il s'ensuit simplement de cette expérience, qui a été répétée depuis avec plus d'exactitude par d'autres physiciens, mais qui est toujours à peu près la même relativement à l'induction qu'en tiroit Van-Helmont, que *l'eau & l'air sont le véhicule commun des diverses substances ou des divers principes qui entrent dans la composition des corps.*

I°. L'eau est peut-être le plus simple & le plus inaltérable de tous les corps : du moins les chymistes, qui ne peuvent en aucune maniere la décomposer, la mettent au nombre des principes primitifs & indestructibles. Les petites portions de terre qu'on en extrait par le moyen des filtrations ou des distillations, sont regardées avec raison comme une substance qui lui est mêlée & qui est étrangere à sa nature. Il est donc absurde de penser que l'eau se décompose, se change en terre, en sels, en une foule de principes différens, pour former les corps terrestres.

II°. L'eau a une affinité marquée avec une foule de substances étrangeres à sa nature (108): elle s'en saisit, elle les tient en dissolution, elle les entraîne avec elle à travers les canaux des végétaux, & les y dépose, en s'évaporant insensiblement dans l'air, avec lequel elle a aussi une affinité simple ou compliquée.

III°. L'air a aussi à son tour une grande affinité avec une foule d'exhalaisons qu'il enleve à la terre, qu'il unit à ses molécules, & qu'il éleve à une hauteur plus ou moins grande. L'eau qui occupe les pores extérieurs des plantes, attire les exhalaisons répandues dans l'air, & les entraîne dans l'intérieur des plantes;

ou circulant en ſeve aſcendante & en ſeve deſcendante, elle les laiſſe unies aux parties analogues de la plante, à meſure qu'elle ſe diſſipe inſenſiblement par l'évaporation.

IV°. Il réſulte delà que l'arbre de Van-Helmont a pu ſe former & ſe convertir en une aſſez grande maſſe, par le moyen de l'eau dont on l'arroſa, & qui lui voitura une foule de ſubſtances étrangeres à ſa nature, ſans que l'eau ſe ſoit convertie elle-même en toute la ſubſtance de cet arbre. Cet arbre, quand on le peſa, étoit en partie compoſé d'eau : puiſque l'eau eſt un des principes de tous les végétaux. Mais cet arbre n'étoit pas uniquement compoſé d'eau : parce que les végétaux ont toujours d'autres principes, qui ſont l'air, le feu, & la terre. Le nom de terre ſignifie ici, outre le *caput mortuum* des chymiſtes, dont nous parlerons bientôt, une immenſe quantité de ſels fixes & volatils.

163. REMARQUE. Selon Heraclite, il n'y a également qu'un ſeul principe des corps : c'eſt le *feu*. Le feu, diſoit-il, ſe change en air, l'air en pluie, la pluie en terre, la terre en toute ſorte de corps.

Ce grand pleureur vouloit ſans doute faire rire, en donnant ſérieuſement, pour une hypotheſe philoſophique, ces puériles métamorphoſes, qui n'ont aucune lueur de vraiſemblance & de raiſon.

SENTIMENT VI.

Les trois éléments de Deſcartes.

163. EXPLICATION. Après avoir reconnu ſincerement & de bonne foi, que l'univers a été

réellement créé comme le rapportent les livres ſaints, Deſcartes examine comment auroit pu être produit de la maniere la plus ſimple ce même univers. Donnez-moi ſimplement une matiere homogene, & un mouvement permanent, dit Deſcartes : c'eſt tout ce qu'il me faut pour former le monde viſible. Que le Tout-puiſſant crée une matiere homogene & dans ſa ſubſtance & dans ſes configurations, diviſée en petits cubes ſemblables : qu'il imprime dans le plein à tous ces petits cubes égaux un double mouvement de rotation, l'un autour de leur centre particulier, l'autre autour de certains centres communs : delà naîtront & les divers *principes* des corps & l'*harmonie* générale de la nature. Car voici ce qui doit néceſſairement réſulter de cette très-ſimple & très-féconde hypotheſe. (*fig*. 6.)

I°. Ces cubes A, dans le plein, ne peuvent ſe mouvoir autour de leur centre particulier, ſans que leurs angles ſe rompent avec violence, & ſans qu'il ſe détache par-tout du ſein des parties rompues & briſées avec effort, comme un nuage ou un torrent de particules incomparablement plus petites ; que la violence & l'effort de la diviſion feront jaillir avec une inconcevable vîteſſe, laquelle leur ſera perſévéramment & inamiſſiblement affectée. Voilà un premier élément, la *matiere ſubtile* D, qui, douée d'une vîteſſe prodigieuſe, & capable de prendre & de perdre ſucceſſivement toutes les figures poſſibles, ſe trouve propre à pénétrer avec une étonnante facilité dans les moindres pores de tous les corps. Telle eſt la matiere qui compoſe le ſoleil, les étoiles, tous les corps lumineux. *Primum elementum, materia ſubtilis, motu acta perniciſſimo, nullius figuræ tenax.*

II°. Ces cubes ne peuvent continuer à rouler ſur leur centre particulier, ſans uſer par le frottement leurs parties anguleuſes, ſans parvenir à ſe convertir enfin en globules liſſes & polis, d'une plus ou moins grande maſſe : voilà un ſecond élément, la *matiere globuleuſe* B, dont les molécules different de la matiere ſubtile, & par leur maſſe qui eſt bien plus grande, & par leur figure qui eſt déterminée & conſtante. Cette matiere globuleuſe remplit les eſpaces immenſes des cieux ; ou les eſpaces qui ſéparent le ſoleil & les étoiles, des corps opaques répandus & roulants dans leurs tourbillons. *Secundum elementum, materia globuloſa, materia ætherea, ſeu materia quæ in globulos efformata, æthereas implet plagas.*

III°. Ces cubes n'ont pu ſe mouvoir dans le plein autour de leurs centres particuliers, ſans que leurs angles ſolides aient formé, en ſe détachant du reſte du cube, des *maſſes anguleuſes & irrégulieres*, différentes & de la matiere globuleuſe qui eſt comme le centre & le noyau arrondi des cubes diviſés, & de la matiere ſubtile qui eſt comme une pouſſiere échappée en infiniment petits éclats du ſein des parties notables de la diviſion. Voilà donc un troiſieme élément, la *matiere branchue & canelée* C, immenſément variée dans ſes maſſes, irréguliere dans ſes configurations, peu propre au mouvement, deſtinée à former des corps ſolides & maſſifs par l'entrelacement de ſes angles, de ſes branches, de ſes concavités. La terre, les planetes, les cometes, ſont principalement compoſées de cet élément. *Tertium elementum, materia ramoſa, materia ſtriata, ex quâ ſolida conſlantur corpora.*

IV°.

IV°. Que ces trois éléments, encore mêlés & confondus entre eux, aient été, dès le commencement des tems, partagés en autant de grandes portions qu'il y a d'étoiles fixes; & que chaque portion de cette matiere ainsi mêlangée, ait reçu une impulsion générale qui l'ait forcée à se mouvoir comme un fluide autour d'un centre commun! Delà, selon Descartes, l'origine des divers grands tourbillons, qui par les seules loix mécaniques ont formé ou pu former cet univers, divisé en autant de tourbillons qu'il y a d'étoiles fixes. Notre soleil est le centre d'un tourbillon, dans lequel nagent & circulent nos planetes, & qui s'étend jusqu'aux tourbillons des étoiles voisines. Chaque étoile est le centre d'un autre tourbillon, dans lequel nagent aussi des planetes semblables aux nôtres, & à qui l'étoile placée au centre sert de soleil.

164. EXPERIENCE. Si on fait tourner rapidement sur son axe un globe creux de verre, dans lequel on ait mis trois liquides de différente pesanteur, de l'huile, de l'eau, du mercure; le plus léger reste au centre (ou plutôt le long de l'axe): le plus pesant se porte vers la circonférence; le troisieme se place entre les deux autres. La même chose, dit Descartes, a dû arriver aux trois éléments, primitivement mêlangés & confondus dans les tourbillons.

I°. La *matiere subtile*, le plus petit & le plus mobile des trois éléments, a dû demeurer au centre du tourbillon; & y former un corps lumineux, ou un soleil.

II°. La *matiere anguleuse & cannelée*, le plus massif & le moins mobile des trois éléments, a dû être emportée plus ou moins avant, selon

ſon plus ou moins d'inertie, vers la circonférence du tourbillon. Eparſe d'abord au haſard vers la circonférence du tourbillon, cette matiere branchue & cannelée a dû s'y former ſucceſſivement en globes opaques de différente denſité & de différente grandeur, que l'impulſion fera enſuite deſcendre plus ou moins avant vers le centre du tourbillon, ſelon leur plus ou moins de denſité.

III°. La *matiere globuleuſe*, plus maſſive que la matiere ſubtile, moins maſſive que la matiere branchue & cannelée, a dû ſe placer vers le milieu du tourbillon. Les divers globules de ce ſecond élément n'étant pas tous d'égale maſſe, ils ont dû ſe diſtribuer en différentes couches, les plus petits plus près du centre, les plus grands plus loin du centre.

Chaque couche d'un tourbillon s'efforce en vain de s'enfuir par la tangente : elle eſt forcée à ſe mouvoir circulairement ou elliptiquement par la couche ſupérieure, qui l'arrête & la captive dans ſon eſpace. La derniere couche d'un tourbillon, par exemple, du tourbillon ſolaire, eſt arrêtée par les dernieres couches des tourbillons contigus : & le dernier de tous les tourbillons exiſtans eſt arrêté & captivé dans ſa derniere couche, par le ſimple défaut d'un eſpace ultérieur, dans lequel cette derniere couche puiſſe s'étendre & ſe répandre.

Chaque tourbillon, en roulant autour de ſon centre commun ou de ſon étoile, emporte par ſon impulſion les planetes qui nagent dans lui ; à peu près comme un courant d'eau emporte un arbre qui flotte dans ſon onde. Les planetes plus éloignées du centre, mettent plus de tems

que les autres à faire leur révolution : parce que les différentes couches des tourbillons ayant toutes la même vîtesse, les couches plus éloignées du centre doivent mettre d'autant plus de tems à faire leur révolution, qu'elles ont plus d'espace à parcourir pour l'achever.

165. REMARQUE. Tel est en précis le sublime rêve de Descartes sur l'origine & sur le méchanisme de l'univers ! Ce n'est point ici le lieu de suivre ce philosophe à travers les divers théatres de la nature, où, par le moyen de ses *trois éléments* & de l'*impulsion*, imitateur ou rival du Créateur, son audacieux génie forme les différents corps, solides & fluides ; fait naître la pesanteur, d'une matiere sans pesanteur ; crystallise & minéralise les entrailles de la terre, éleve ou abaisse les flots de l'Océan, enfante & détruit les différens météores dans l'athmosphere, crée & perpétue les diverses especes d'animaux & de végétaux sur la surface de notre globe, met les tourbillons des étoiles en équilibre entre eux, forme les planetes & les cometes, métamorphose les corps opaques en corps lumineux, & les corps lumineux en corps opaques dans le ciel. Quelle force & quelle grandeur dans ce génie ! On ne peut trop s'étonner qu'un homme ait été capable d'embrasser ainsi d'un seul coup d'œil, la nature entiere dans toute son étendue ; & de réduire à une aussi simple hypothese, tout ce que présente de varié & de compliqué l'ensemble de l'univers. Qu'il est fâcheux, que ce qui parut d'abord l'histoire de la nature, n'en soit plus aujourd'hui que le roman !

Cette romanesque hypothese, dont nous dé-

velopperons ailleurs les vices fondamentaux, changea cependant la face de la philoſophie. Endormie & enſevelie depuis long-tems au ſein de la craſſe ignorance & du barbare pédantiſme, la philoſophie fut réveillée par les charmes intéreſſans de ce brillant délire, qui lui inſpira le goût des connoiſſances, & qui la mena à l'amour de la vérité. Ainſi ſont faits les hommes : incapables de recevoir la juſte impreſſion qui leur convient, ſouvent on ne peut les tirer d'un abyme, qu'en les entraînant dans un autre abyme ; communément on ne peut les éclairer par la raiſon, qu'après les avoir ſéduits par l'imagination : c'eſt ce que fit Deſcartes.

Pour ébranler juſques dans ſes fondemens l'ancienne philoſophie, qui conſacroit l'ignorance & le préjugé, il lui fallut créer un ſyſtême ſingulier, capable de réveiller & d'intéreſſer le génie léthargique de ſon ſiecle. Il créa ce ſyſtême : le génie réveillé & mis en jeu, ſentit le vuide & le ridicule de la philoſophie régnante ; s'appliqua, avec ardeur, à remonter à la connoiſſance des cauſes, par l'obſervation des effets ; & en vertu du branle donné par Deſcartes, vint à bout, après bien des écarts, de faire peu à peu d'utiles découvertes ; de connoître & de calculer les vraies loix du mouvement ; de deviner ou de ſoupçonner les vrais principes des choſes ; de ſaiſir le vrai ſyſtême du monde ; d'arracher, du moins en partie, à la nature, le voile ténébreux qui la cachoit.

Sentiment VII.

Les divers principes des chymiſtes.

166. Définition I. La chymie eſt une ſcience

dont l'objet eſt de connoître la nature & les propriétés des corps, par leurs analyſes & leurs combinaiſons. L'analyſe ſépare les unes des autres, les parties conſtituantes d'un corps : la combinaiſon forme de nouveaux touts, par l'union de certaines parties conſtituantes d'un corps, avec certaines parties conſtituantes d'un autre corps. Parmi ceux qui s'attachent à la chymie, les uns s'appellent alchymiſtes, les autres ſe nomment ſimplement chymiſtes.

I°. Les *alchymiſtes*, qui ſe regardent comme les chymiſtes par excellence, ſont les chercheurs de pierre philoſophale : cerveaux creux, dont tout le mérite conſiſte à adopter un jargon énigmatiquement barbare, & à ſe nourrir d'eſpérances folles & chymériques (146). Les alchymiſtes ſe nomment auſſi *adeptes*, c'eſt-à-dire, conſommés dans leur art : *quaſi artis chymicæ perfectionem adepti.*

II°. Les *chymiſtes* ſont ceux qui s'occupent utilement à décompoſer & à recompoſer des corps, ſoit pour en connoître la nature, ſoit pour ſervir la médecine & les arts.

167. DÉFINITION II. L'*analyſe chymique* eſt l'art de ſéparer les unes des autres, non les parties intégrantes, mais les parties conſtituantes d'un corps : ce qui ſe fait en deux manieres, ou par l'action du feu, ou par l'action des diſſolvans. La premiere eſt fondée ſur une *différente volatilité*, la ſeconde ſur une *différente diſſolubilité*, dans les principes du corps à décompoſer.

I°. Il eſt clair que, ſi dans un alambic, placé ſur le feu, on met un corps dont les parties conſti-

tuantes aient une *différente volatilité ;* les plus volatiles doivent être exaltées en vapeurs par un plus foible degré de chaleur, qui n'exaltera point les autres : ces parties plus volatiles se sépareront donc des autres, se porteront vers le chapiteau, & on les recueillera à part. Un degré de chaleur un peu plus fort exaltera ensuite d'autres parties moins volatiles que les premieres, plus volatiles que certaines autres parties de la masse restante : ces parties s'éleveront donc à leur tour vers le chapiteau, & on les recueillera encore à part. En continuant de cette maniere à augmenter successivement la chaleur, on aura successivement des extraits correspondans aux divers degrés de volatilité qu'ont les divers éléments du corps à décomposer.

II°. Il est clair que, si on a un corps dont les parties constituantes aient une *différente dissolubilité*, un dissolvant qui attaquera les unes, n'attaquera pas les autres : ces parties constituantes pourront donc être séparées les unes des autres. Par exemple, si on a une masse composée d'or & d'argent, l'eau-forte dissoudra l'argent & ne dissoudra point l'or : on aura donc l'or séparé de l'argent.

PRINCIPES DES PARACELSISTES.

168. EXPLICATION. Les chymistes du moyen âge, c'est-à-dire, à peu près du tems de Paracelse, regarderent comme principes primitifs des corps, les divers résultats de l'analyse chymique, ou les diverses substances qui résultent de la décomposition des corps. Ils en admirent

cinq, le *mercure* ou l'eſprit, le *phlegme* ou l'eau, le *ſoufre* ou l'huile, le *ſel*, la *terre*. Ces cinq principes furent nommés *principes des Paracelſiſtes*, du nom de Paracelſe, le plus célebre médecin & le plus grand chymiſte de ſon ſiecle, né à Einſtdeln près de Zurich en 1493, & mort à Saltzbourg en 1541.

I°. Ils entendoient par *mercure*, ce qu'ils retiroient de plus volatil, de plus ſpiritueux, de plus capable d'affecter le goût & l'odorat, dans l'analyſe des corps.

II°. Ils nommoient *phlegme*, les produits aqueux non inflammables, qu'ils extrayoient dans l'analyſe des corps.

III°. Ils déſignoient par le nom de *ſoufre*, non-ſeulement les matieres ſulphureuſes & le ſoufre commun, mais encore les huiles quelconques & tout ce qu'ils retireroient d'inflammable, en décompoſant les corps.

IV°. Ils donnoient le nom général de *ſel*, à toutes les matieres ſalines de quelque nature qu'elles fuſſent, qu'ils obtenoient dans leurs analyſes.

V°. Ils comprenoient, ſous le nom de *terre*, ce qui reſte de fixe après l'analyſe des corps. Voici un exemple de cette analyſe chymique, qu'on appelle *diſtillation*.

Analyſe chymique.

169. EXPÉRIENCE: Si ſur le fourneau A A d'un alambic, on met du vin à diſtiller dans une cucurbite de verre L; voici les effets qui en réſultent. (*fig.* 9.)

I°. Du ſein de la cucurbite ou du matras L,

s'éleve d'abord dans le chapiteau M, une vapeur ſubtile que le réfrigérant P convertit en liqueur, & qui ſe précipite dans le récipient O : ce principe, le plus actif & le plus volatil des principes à décompoſer, eſt ce qu'on appelle en chymie, l'*eſprit* ou le *mercure*. On voit par là que le mercure chymique n'a rien de commun avec le mercure minéral. (128.)

II°. Après la ſublimation du mercure, du ſein de la même cucurbite s'éleve également dans le chapiteau une autre liqueur ſans goût & ſans ſaveur : ce principe plus aqueux & moins ſavoureux, c'eſt le *phlegme*.

III°. Après la ſublimation du mercure & du phlegme, il reſte au fond de la cucurbite L, une matiere viſqueuſe, qui tranſportée dans une cucurbite ſemblable de terre, & ſoumiſe à un feu plus violent, donne dans la ſublimation, premierement une liqueur inſipide, ſecondement une autre liqueur inſipide, troiſiemement une liqueur acide, quatriemement une liqueur viſqueuſe. Les deux premiers réſultats peuvent ſe rapporter au phlegme : les deux derniers ſont ce qu'on appelle les *huiles*.

IV°. Après ces opérations, il reſte au fond de la cucurbite, un marc ou un ſédiment, qu'on brûle & qu'on réduit en cendres. On recueille ces cendres ; on les met diſſoudre dans l'eau chaude ; on coule cette eau à travers quelques feuilles de papier fongeant : les ſels mêlés & diſſous avec l'eau, paſſent avec elle à travers les pores du papier, & tombent dans un vaſe placé au-deſſous pour recevoir cette eau & ces ſels. La matiere craſſe qui reſte adhérente au papier fongeant, c'eſt la *terre*, qu'on appelle auſſi en

chymie *tête morte*, ou *caput mortuum.*

V°. On met ſur le feu le vaſe dans lequel l'eau eſt mêlée avec les ſels, juſqu'à ce que l'eau ſe ſoit totalement évaporée: ce qui reſte au fond, eſt ce qu'on appelle les *ſels fixes.*

170. REMARQUE I. On peut décompoſer à peu près de la même maniere, les autres corps; par exemple, le ſang, les graiſſes, les moëlles, les chairs des animaux; la plupart des différentes ſubſtances végétales; & quelques-unes des ſubſtances minérales. Comme les divers principes de ces ſubſtances ont une *différente volatilité*, ſi on les place ſur un fourneau chymique dans des cucurbitesou des matras L, les plus volatils ſont les premiers à s'exalter par l'action du feu; c'eſt le mercure ou la partie ſpiritueuſe: les plus fixes & les plus réfractaires ne peuvent être exaltés par l'action du feu; c'eſt la terre ou le ſel fixe: ceux qui ont une volatilité moyenne, retenus plus long-tems par leur viſcoſité, ſe détachent & s'exaltent ſucceſſivement, ſelon le degré plus ou moins grand de leur adhérence; tels ſont les principes aqueux & huileux. (*fig.* 9.)

C'eſt par un ſemblable méchaniſme que s'opere la *diſtillation*; opération par laquelle on ſépare & on recueille, à l'aide d'un degré de chaleur convenable, les principes fluides & volatils des corps. Si dans une cucurbite E H ou L M, on met de l'eau, ou du vin, ou telle autre ſubſtance à diſtiller; les parties les plus volatiles & les plus ſpiritueuſes de ces ſubſtances ſe dégageront & ſe ſublimeront les premieres, & ſe rendront dans les récipients G ou O, d'où l'on pourra les extraire à part. Ces récipients G & O, qui communiquent avec les matras ou les cucur-

bites E H ou L M, ne doivent point être fermés hermétiquement : parce que la force immenſe de la vapeur de l'eau les mettroit en pieces.

On peut diſtiller de la même maniere, les différentes eaux minérales, les eaux ſalées de la mer & de certaines ſources. Les parties les plus volatiles de l'eau & des ſubſtances mêlées avec l'eau, ſe ſublimeront & s'évaporeront ſucceſſivement ; & il ne reſtera au fond de la cucurbite ou du matras, que la partie fixe & non-volatile, qu'on pourra obſerver & analyſer à part.

171. REMARQUE II. On donne en chymie le nom de *bain*, à différentes matieres dont on ſe ſert pour tranſmettre la chaleur aux corps qu'on veut analyſer par le feu. Les matieres les plus uſitées pour cela, ſont l'*eau* & le *ſable*.

I°. Placer la cucurbite ou le matras qui contient la matiere à analyſer, dans un vaiſſeau plein d'eau, qu'on échauffe plus ou moins juſqu'au degré de l'ébullition, c'eſt employer le *bain marie.*

II°. Placer le matras qui contient la matiere à analyſer, dans un vaiſſeau rempli de ſablon qu'on échauffe plus ou moins juſqu'au degré de l'incandeſcence, c'eſt employer le *bain de ſable.*

Comme l'ébullition eſt le plus grand degré de chaleur que l'eau puiſſe acquérir dans un vaſe ouvert, il s'enſuit qu'on peut donner facilement, par ce moyen, un degré conſtant de chaleur au corps qu'on analyſe. Quand on a beſoin d'un degré de chaleur ſupérieur à celui de l'eau bouillante, on emploie le bain de ſable. Ces deux eſpeces de bains, alternativement employés dans les laboratoires chymiques, ſuffiſent pour l'analyſe de tous les corps qu'on veut décompoſer par le feu.

Sels chymiques.

172. DESCRIPTION. On donne en général le nom de *ſel*, comme nous l'avons déja obſervé, à toutes les ſubſtances qui ſont propres à affecter le goût & à ſe diſſoudre dans l'eau. Les ſubſtances ſalines ſont communément un compoſé de deux principes que la chymie ſépare, d'un *principe acide*, & d'un *principe alkali* : le premier eſt comme l'eſprit, le ſecond eſt comme le corps du compoſé ou du concret. Ce qu'on nomme *acide* en chymie, eſt une liqueur forte, peſante, aigre, corroſive, qu'on extrait communément des autres ſels par le moyen de la diſtillation : la partie du ſel dont on extrait cette liqueur acide, eſt ce qu'on nomme *alkali*.

Les ſels chymiques ſe diviſent principalement en acides & en alkalis, en fixes & en volatils : diviſions générales qui ſe modifient en une foule immenſe de ſubdiviſions ultérieures, qu'il ſeroit inutile & trop long de ſuivre & de développer.

Les acides.

173. DESCRIPTION. Les *acides* ſont des ſubſtances d'une ſaveur qui eſt effectivement acide ou aigre : ce qui a déterminé leur dénomination.

I°. Les acides ont une grande tendance à s'unir avec preſque tous les corps de la nature, & ſingulierement avec ceux qui ſont moins compoſés ; tels que le phlogiſtique, les alkalis, les terres abſorbantes, l'eau & l'huile.

II°. Les acides très-concentrés (c'eſt-à-dire,

dépouillés par l'évaporation, ou par la distillation, ou par d'autres moyens chymiques, des matieres étrangeres & de l'eau surabondante à leur essence saline) pris intérieurement en dose un peu forte, sont des corrosifs très-violents & de vrais poisons. Cette qualité leur vient de la grande activité qu'ils ont pour s'unir & pour adhérer aux autres corps, qu'ils pénetrent & qu'ils déchirent, en s'y insinuant en vertu de leur affinité (112). Leurs meilleurs contre-poisons sont les substances alkalines, salines & terreuses, les huiles, le lait, l'eau: substances avec lesquelles les acides ont une très-grande affinité, & dans lesquelles ils tendent avidement à s'absorber; ce qui les empêche de prendre pour absorbants, les parties mêmes du corps animal.

III°. Quoique tous les acides soient volatils, comme tous n'ont pas une égale volatilité, on donne de préférence le nom d'*acides volatils*, à ceux qui ont plus de volatilité que les autres, soit à cause du principe inflammable qu'ils ont en plus grande abondance, soit à cause de quelque huile très-atténuée qui leur est mêlée. Les acides qu'on extrait des substances animales, par la distillation, ont communément plus de volatilité que ceux qu'on extrait des substances minérales & végétales.

IV°. Les acides, à raison des substances dont on les extrait, se divisent en acides minéraux, en acides végétaux, en acides animaux ou volatils. Ils se divisent aussi principalement en acide marin, en acide nitreux, en acide vitriolique: ce dernier est le plus puissant de tous les acides, & peut-être l'unique acide dont tous les autres ne sont que des modifications.

V°. On n'obtient preſque jamais les acides en maſſe ſeche & ſous forme concrete : parce que ces ſels ont une ſi grande affinité avec l'eau, que lorſqu'ils n'en contiennent préciſément que ce qui leur eſt néceſſaire pour être ſels, ils ſe ſaiſiſſent avidement de l'eau, auſſi-tôt qu'ils peuvent la toucher ; & comme l'athmoſphere eſt toujours plus ou moins chargée de vapeurs aqueuſes, le ſeul contact de l'air, dont ils attirent & abſorbent l'humidité, ſuffit pour les mettre dans un état de fluidité.

Les alkalis.

174. DESCRIPTION. Les alkalis ſont des ſubſtances d'une ſaveur âcre & brûlante, compoſées de terre, d'acide, & d'un peu de phlogiſtique : car tels ſont les principes qu'en extrait la chymie, en les ſoumettant à de nouvelles analyſes. Les alkalis ſont ou fixes ou volatils, ſelon qu'ils ont plus ou moins de diſpoſition à s'exalter & à ſe diſſiper en vapeurs, quand ils éprouvent l'action du feu. Les ſels qu'on extrait des cendres des ſubſtances animales & végétales, ſont de vrais alkalis fixes, que l'action du feu a dépouillés de la très-grande partie de leurs acides, & que cette même action du feu n'a pu exalter en vapeurs. On obtient aſſez facilement les acides fixes & volatils, ſous forme ſeche & concrete.

I°. Les alkalis fixes entrent en fuſion à un feu modéré, & par la fuſion, ils diſſolvent toutes les terres : à un feu très-violent, ils ſe changent en verre ; & par la vitrification, ils perdent leur diſſolubilité dans l'eau, & vraiſemblablement leur nature ſaline.

II°. Les alkalis ſont, ainſi que les acides, de puiſſants diſſolvants : ils décompoſent tous les ſels à baſe terreuſe-métallique ; ſéparent ces ſubſtances, & s'uniſſent à leurs acides, avec leſquels ils ont une très-grande affinité.

III°. Les alkalis, comme les acides, ſe diviſent, à raiſon des ſubſtances dont on les extrait, en alkalis minéraux, en alkalis végétaux, en alkalis animaux : ces derniers ſe nomment communément alkalis volatils.

Sels neutres.

175. DESCRIPTION. On ne donnoit autrefois le nom de *ſels neutres*, qu'aux ſels qui étoient compoſés d'acides & d'alkalis unis enſemble juſqu'au point de ſaturation : enſorte qu'ils n'euſſent aucune propriété dominante acide ou alkaline. On donne à préſent le nom de ſels neutres, aux combinaiſons des acides avec toutes les ſubſtances auxquelles ils peuvent s'unir, enſorte que par cette union ils perdent, du moins en grande partie, les qualités qui indiquent l'acidité : comme cela arrive, lorſque l'on combine certains acides avec certaines ſubſtances terreuſes & métalliques. La chymie a une foule immenſe de ſels neutres différents.

Sel commun.

176. Le *ſel commun* (127) eſt un ſel neutre parfait, compoſé d'un acide & d'un alkali particulier. Le ſel commun ne peut être décompoſé en ſon acide & en ſon alkali, par la ſimple action du feu le plus violent : il faut, pour

opérer cette analyſe, employer des intermedes capables de déſunir ces deux principes, de s'emparer de l'un, & de précipiter l'autre. Ces intermedes ſont l'acide vitriolique, l'acide nitreux, le ſel ſédatif.

Le ſel commun, mêlé en grande doſe avec les matieres animales, les garantit de la corruption : mêlé en petite doſe à ces mêmes matieres, comme il l'eſt dans nos aliments, il accélere & facilite leur corruption. Cet effet ſingulier, aſſez bien conſtaté par les expériences de pluſieurs médecins & chymiſtes célebres, prouve que le ſel mêlé à nos aliments doit en faciliter la digeſtion, qui eſt une eſpece de corruption commencée de ces aliments.

Sels eſſentiels.

177. DESCRIPTION. La chymie donne le nom de *ſels eſſentiels*, à toutes les matieres ſalines concretes, qui conſervent & l'odeur & la ſaveur, & les autres principales qualités des corps dont elles ſont extraites. Les matieres minérales ne donnent point de ſels eſſentiels : parmi les ſubſtances animales & végétales, qui ſeules peuvent fournir de ſemblables ſels, il y en a qui n'en donnent pas ; parce que leurs ſels ſe dénaturent dans l'analyſe qu'on en fait. Ces ſels ſont nommés *eſſentiels ;* ſans doute parce qu'ils ne changent point de nature & d'eſſence, dans la diſtillation ou dans l'évaporation, comme les autres ſels.

PRINCIPES DES CHYMISTES MODERNES.

178. EXPLICATION. Les chymiſtes modernes

ayant remarqué que les divers principes des Paracelſiſtes, étoient eux-mêmes de vrais composés, ſuſceptibles d'une ultérieure décompoſition, ont cherché à ſimplifier ces principes, en les ſoumettant à de nouvelles analyſes.

I°. Il conſte maintenant, par les expériences réitérées des plus habiles chymiſtes & des plus célebres phyſiciens, que les divers mixtes ne ſont composés que de quatre principes primitifs, différents entre eux, aſſez ſemblables dans toutes les eſpeces & dans tous les individus. Ces quatre principes primitifs ſont l'eau, l'air, la terre, le feu.

II°. De quelque maniere qu'on analyſe un corps, on n'en peut jamais extraire que ces quatre ſortes de ſubſtances, qui, mêlangées & confondues dans les premiers réſultats chymiques, deviennent enfin, dans de nouvelles décompoſitions, le dernier terme de l'analyſe chymique. D'où il réſulte qu'on eſt bien fondé à regarder comme principes primitifs de tous les corps, ces quatre éléments. Nous allons en donner une idée ſuccincte, en attendant que nous en donnions des traités à part.

L'eau, principe des corps.

179. OBSERVATION. L'*eau* paroît être un corps ſimple & inaltérable : aucune analyſe chymique ne peut la décompoſer; aucune expérience ne prouve que ſes molécules ſoient hétérogenes dans leurs maſſes & dans leurs figures. (94, 145.)

Il conſte, par une foule d'expériences & d'analyſes chymiques, que l'eau entre comme principe

principe (ou comme partie conſtituante) dans toutes les ſubſtances animales & végétales : mais aucune expérience n'a encore prouvé que l'eau entrât, comme principe, dans les matieres métalliques & dans les pierres vitrifiables. Si l'eau entre dans la compoſition de ces deux eſpeces de ſubſtances, elle doit leur être adhérente de telle maniere qu'aucun effort chymique ne puiſſe l'en ſéparer.

L'air, principe des corps.

180. OBSERVATION. L'*air* eſt un fluide inviſible, élaſtique, compreſſible, qui entre en prodigieuſe quantité dans la compoſition de la plupart des mixtes : comme il conſte par les expériences de MM. Boyle & Hales. Il paroît que l'air ſe trouve dans les corps, en deux états bien différens.

I°. L'air dans certains corps & dans certaines circonſtances, ſe trouve ſimplement diſperſé & interpoſé entre leurs parties intégrantes, ſans adhérer à ces parties intégrantes, ſans être partie conſtituante de ces corps. Tel eſt l'air qui ſe trouve dans les pores d'une éponge, du pain, de pluſieurs autres corps ſemblables. La compreſſion de ces corps, le ſépare facilement de ces ſubſtances qui lui donnoient aſyle, ſans l'incorporer avec elles, ſans le priver de ſon élaſticité, ni d'aucune de ſes propriétés ſpécifiques.

II°. L'air, dans d'autres corps & dans d'autres circonſtances, ſe trouve uni & combiné avec les parties intégrantes de ces corps ; enſorte qu'il eſt lui-même une de leurs parties conſtituantes, & qu'on ne peut l'en ſéparer ſans dé-

truire leur nature. L'air ainſi combiné paroît être privé de ſon élaſticité, qu'il ne recouvre que par la décompoſition du corps dont il fait partie. Il conſte par les expériences des phyſiciens modernes, comme nous le verrons ailleurs (729), qu'un pouce cubique de chêne, décompoſé par l'action du feu, donne 256 pouces cubiques d'air : ce qui prouve que l'air qui faiſoit partie conſtituante de ce chêne, y étoit réduit à un volume au moins deux cens cinquante-ſix fois moindre qu'il n'eſt dans l'athmoſphere qui nous environne.

III°. Quoique nous ne puiſſions pas obſerver la figure des molécules de l'air, il eſt vraiſemblable que ces molécules ne ſont pas toutes ſemblables; & même qu'il y en a une foule d'eſpeces différentes, toutes indeſtructibles & inaltérables : comme nous le ferons voir dans la théorie des ſons, dont on ne peut expliquer la variété, qu'en ſuppoſant pluſieurs eſpeces différentes de molécules d'air. (771.)

La terre, principe des corps.

181. OBSERVATION. On ne peut douter que la *terre* n'entre comme principe, ou comme partie conſtituante, dans une infinité de corps. Car après que l'art chymique a épuiſé tous ſes efforts pour pouſſer la décompoſition de la plupart des mixtes juſqu'où elle peut aller, il reſte toujours *une matiere fixe & ſolide*, à laquelle on ne peut plus occaſionner de changemens. C'eſt à cette matiere fixe & ſolide, que la phyſique & la chymie donnent en général le nom de *terre :* parce qu'elle a la fixité, la peſanteur,

la ſolidité & les autres principales propriétés de la maſſe qui forme le globe terreſtre.

Mais quelle eſt la nature de ce principe ? Y a-t-il une ſeule eſpece d'éléments terreux, ou faut-il en admettre pluſieurs ? C'eſt ce qu'il n'eſt pas facile de décider.

182. SENTIMENT I. Quelques phyſiciens célebres ne veulent qu'une ſeule & unique eſpece de *terre élémentaire*, parfaitement ſemblable dans tous ſes éléments. Cette opinion a pour auteurs & pour partiſans les Sthal & les Maquer, perſonnages qui ont répandu tant de lumiere ſur la chymie. Ils partent de ce principe, qu'il faut regarder comme ſubſtances de nature terreuſe, toutes celles dont les parties conſtituantes, par leur *fixité*, par leur *peſanteur*, par leur *ſolidité*, par leur *infuſibilité*, different plus des autres éléments principes, ſavoir, de l'eau, de l'air, du feu : que parmi ces ſubſtances de nature terreuſe, on doit regarder comme terre par excellence, comme plus ſpécialement terre élémentaire, celle qui poſſede au plus haut degré ces quatre qualités ; ſavoir, celle que les chymyſtes nomment *terre vitrifiable ;* celle dont les parties intégrantes réunies forment des pierres d'une grande dureté, d'une grande tranſparence, d'un blanc parfait, telles que ſont le diamant & le cryſtal de roche, quand ils ſont parfaitement purs, ſans couleurs & ſans odeurs : que les autres ſubſtances de nature terreuſe, en qui ces quatre qualités ſont dans un moindre degré, ſont des ſubſtances dans leſquelles l'élément terreux ſe trouve plus ou moins mêlangé & combiné avec les autres éléments principes.

183. SENTIMENT II. Un grand nombre d'autres

physiciens célebres se décident avec plus de fondement pour la multiplicité d'especes différentes dans l'élément terreux ; & soutiennent que les éléments terreux qui forment les métaux, par exemple, different ou par leur masse ou par leur configuration, ou par l'une & l'autre à la fois, des éléments terreux qui composent le caillou, le diamant, le bois. Selon les partisans du premier sentiment, les éléments terreux sont homogenes & dans leur nature & dans leurs masses & dans leurs configurations : les corps ne different que par le mêlange des quatre éléments principes. Selon les partisans du second sentiment, les éléments terreux sont homogenes par leur nature, hétérogenes par la diversité de leurs masses & de leurs configurations : les corps de nature terreuse different & par la diversité des éléments terreux qui les composent, & par la différente combinaison de ces éléments terreux avec les autres éléments principes.

Il est très-vraisemblable qu'il y a plusieurs especes différentes d'éléments dans la masse de l'air, comme nous l'avons déja indiqué, & comme nous le prouverons ailleurs (771). Il conste, par les belles expériences de Newton sur la lumiere, qu'il y a au moins sept especes différentes de rayons dans la masse de la lumiere (867). Pourquoi & sur quel fondement refuseroit-on d'admettre la même diversité dans les éléments qui composent la terre élémentaire? Pourquoi la nature, qui a mis de la diversité dans les molécules de l'air, dans les molécules de la lumiere ou du feu, n'auroit-elle mis aucune diversité dans les molécules de la terre, où cette diversité paroît encore plus nécessaire

pour rendre raiſon des phénomenes qu'on obſerve dans l'étonnante variété des corps?

184. REMARQUE. C'eſt ſur ces principes & d'après ces raiſons, que pluſieurs chymiſtes donnent différentes diviſions de l'élément terreux, par exemple, en terre vitrifiable, en terre argilleuſe, en terre calcaire, en terre mercurielle : diviſions générales, qui ſont ſuſceptibles d'une foule de ſubdiviſions particulieres.

I°. On nomme *terre vitrifiable*, la plus pure, la plus ſimple, la plus infuſible, la plus élémentaire des ſubſtances terreuſes; telle que celle qui compoſe le diamant & le cryſtal de roche, parfaitement purs, ſans couleur & ſans odeur. Les pierres formées de cette terre, ont plus de dureté que les autres : elles font feu quand on les frappe avec l'acier; elles font feu auſſi, quand on en frappe deux l'une contre l'autre; mais alors c'eſt un feu intérieur, qui n'éclate point au dehors en étincelles ſcintillantes; phénomene qui leur eſt commun avec le verre & avec la porcelaine, & qui paroît être une dépendance de l'électricité, dont nous traiterons ailleurs.

II°. On nomme *terre argilleuſe*, une eſpece particuliere de terre, par-tout fort abondante, qui ne fermente point avec les acides, qui s'imbibe & ſe gonfle dans l'eau, qui ſe durcit ſans ſe vitrifier ou ſe calciner au feu. Il eſt vraiſemblable que cette terre, par ſon affinité avec l'eau, entre avec elle pour beaucoup dans la compoſition des végétaux. La terre argilleuſe a beaucoup de rapport avec la terre marne; & celle-ci, avec la *terre végétale*, dont nous donnerons ailleurs une idée plus étendue & plus développée. (504.)

III°. On nomme *terre calcaire*, toutes les ſubſtances terreuſes & pierreuſes, qui, expoſées à un degré de feu, prennent les caracteres de la chaux vive. Dans leur calcination, elles perdent une partie de leur poids & de leur conſiſtance : parce que l'action du feu leur enleve une partie conſidérable de l'eau qui entroit dans leur compoſition. Mais comme les dernieres parties de cette eau ſont retenues très-fortement par la terre, il faut un degré de feu très-violent, pour la leur faire perdre entiérement ; & c'eſt là principalement en quoi conſiſte le changement des terres calcaires en chaux vive. La grande affinité de la chaux vive avec l'eau, fait qu'elle s'en ſaiſit avec avidité : ce qui occaſionne une efferveſcence violente & une chaleur ſenſible. Les pierres calcaires, toujours moins dures que les pierres vitrifiables, ne font point feu avec l'acier, quand elles ſont pures & ſans mêlange.

IV°. Becher nomme *terre mercurielle*, une ſubſtance de nature terreuſe, qui, par ſon mêlange avec le phlogiſtique ou le principe inflammable, compoſe les ſubſtances métalliques.

M. de Buffon diviſe l'élément terreux en deux claſſes générales, en terres vitrifiables & en terres calcinables. L'argille & le caillou, la marne & la pierre peuvent être regardées, dit-il, comme les deux extrêmes de chacune de ces claſſes, dont les intervalles ſont remplis par la variété preſque infinie des mixtes, qui ont tous pour baſe l'une ou l'autre de ces matieres.

Le feu, principe des corps.

185. DESCRIPTION. Le feu, dont nous donnerons ailleurs une plus ample théorie (1047), peut être conſideré ſous deux états fort diffé-

rents; en premier lieu, comme libre, comme pur, comme ne faiſant partie d'aucun composé; en ſecond lieu, comme combiné, ou comme entrant en qualité de partie conſtituante, dans la compoſition d'une infinité de corps. Conſidéré dans le premier état, on le nomme *feu élémentaire* : conſidéré dans le ſecond état, on le nomme *phlogiſtique*, ou partie inflammable.

I°. Le feu pur, le feu élémentaire, eſt un aſſemblage de particules d'une matiere ſimple, inaltérable, infiniment atténuée, toujours en mouvement ou toujours diſpoſée au mouvement. C'eſt le grand moteur, l'agent univerſel de la nature, qu'il anime & qu'il vivifie. Comme par l'attraction générale & ſpéciale, tous les autres éléments, tous les autres principes des corps, tendent à l'union & au repos; de même par l'action du feu, ces mêmes éléments, ces mêmes principes des corps, tendent à leur ſéparation & à leur diviſion. Sans l'action du feu, tous les corps, liquides & fluides, ſe convertiroient en maſſes ſolides : par l'action du feu, qui les pénetre en plus ou moins grande quantité, la tendance réciproque de leurs parties les unes vers les autres, eſt détruite ou infiniment affoiblie; & la maſſe totale conſerve une mobilité reſpective dans toutes ſes parties. Dans les corps ſolides, l'adhérence des parties eſt d'autant moindre, que ces corps ſont pénétrés d'une plus grande quantité de feu élémentaire, logé & mu dans leurs pores, ſans être combiné avec leurs éléments. De ce conflit éternel entre l'action du feu & l'action de l'attraction, réſultent une infinité de phénomenes dans la compoſition & dans la décompoſition des corps.

II°. Comme les trois premiers éléments, l'eau, la terre, l'air, ſe combinent entre eux, en vertu de leurs affinités, & ſe dénaturent en ſe combinant ; de même, le feu pur, le feu élémentaire, ſe combine avec certains corps en vertu de ſon affinité, & ſe dénature en ſe combinant avec eux. Tel eſt le feu dans les corps combuſtibles, où il n'eſt plus feu pur & élémentaire, feu libre & en action, mais feu combiné & dénaturé, feu uni & lié à d'autres ſubſtances, feu dépouillé de ſa fluidité & de ſon activité naturelles, en un mot, *phlogiſtique.* (1053.)

186. REMARQUE. Les phyſiciens & les chymiſtes ſont partagés ſur la nature du phlogiſtique, ou de la partie inflammable des corps. Quelques-uns penſent, d'après l'illuſtre Sthal, que le phlogiſtique n'eſt que le feu élémentaire, qui, toujours en mouvement dans ſon état d'aggrégation, perd ſon mouvement dans ſon état de combinaiſon avec les ſubſtances auxquelles il s'unit & adhere par ſon affinité ; & tel eſt le ſentiment que nous adoptons d'avance, & que nous développerons & établirons dans la ſuite. Quelques autres ſoupçonnent, d'après Boerhave, que le phlogiſtique pourroit bien être un cinquieme élément primitif, diſtingué de l'eau, de l'air, du feu, de la terre, & indeſtructible comme eux. Selon cette hypotheſe, la combuſtion des corps n'augmenteroit point la maſſe du feu élémentaire : elle ſe borneroit à dégager le phlogiſtique élément, des combinaiſons qu'il avoit dans le corps qui ſe conſume ; & à le diſpoſer à entrer en de nouvelles combinaiſons dans les ſubſtances ſemblables, que renouvelle ſans ceſſe la nature. Ceux qui adoptent cette idée ſur le phlogiſ-

tique, ſoupçonnent une eſpece de progreſſion entre les différents principes des corps, ſavoir, celle-ci : la terre eſt à l'eau, comme l'eau eſt à l'air, comme l'air eſt au phlogiſtique, comme le phlogiſtique eſt au feu élémentaire.

I°. Dans toute hypotheſe ſur la nature du phlogiſtique, ſoit qu'il conſiſte dans le feu élémentaire combiné avec d'autres ſubſtances, ſoit qu'il faſſe lui-même une ſubſtance à part; il eſt vraiſemblable que ce principe doit être compoſé, ainſi que l'air, ainſi que la lumiere, ainſi que l'élément terreux, de molécules de différente eſpece, dont les unes ont une affinité & les autres n'ont point la même affinité avec les éléments des divers corps qui compoſent la nature ſenſible : puiſqu'il y a beaucoup de phlogiſtique dans les corps combuſtibles, & qu'il n'y en a point ou infiniment peu dans les corps incombuſtibles.

II°. Quelle que ſoit la nature du phlogiſtique, la chymie a trouvé l'art d'enlever à certains corps leur phlogiſtique, & de le faire paſſer en d'autres ſubſtances. Les ſubſtances qui, dans leur état naturel, n'ont ni odeur, ni couleur, ni ſaveur, acquierent preſque toujours plus ou moins ces qualités, par leur union avec le phlogiſtique qu'on leur tranſporte ; & c'eſt ſur ce fondement, que les phyſiciens & les chymiſtes regardent le phlogiſtique comme le principe des odeurs, des couleurs, des ſaveurs.

RÉSULTAT DE CES OBSERVATIONS.

PROPOSITION.

187. *Les différents corps que nous préſente la*

nature, ont pour principes les quatre éléments des chymistes modernes, la terre, l'eau, l'air, le feu; éléments homogenes par leur nature, hétérogenes par leurs masses & par leurs configurations.

DÉMONSTRATION. L'expérience & la spéculation s'unissent de concert pour établir cette proposition, pour donner à ce point général de physique, toute la lumiere & toute la certitude dont il est susceptible.

I°. L'expérience nous apprend que les différents corps que la nature soumet à nos analyses chymiques, quelqu'épreuve qu'on leur fasse subir, ne donnent en derniere analyse que ces quatre especes d'éléments, lesquelles ne sont plus susceptibles d'aucune ultérieure décomposition : donc on est très-bien fondé à penser & à juger que les différents corps ne renferment que ces quatre especes d'éléments; & que les différentes especes de corps doivent leur nature, leur essence, leur variété, au mêlange, à la combinaison, à l'assortiment de ces quatre principes primitifs.

II°. La spéculation nous apprend que ces quatre principes, homogenes dans leur nature, hétérogenes dans leurs configurations & dans leurs masses, suffisent abondamment pour rendre raison de l'admirable variété de la nature (144): Donc, pour ne pas multiplier ineptement les principes sans nécessité & sans raison, il ne faut admettre dans la nature, pour principes des corps, que les quatre éléments des chymistes modernes. C. Q. F. D.

188. COROLLAIRE I. *La matiere des corps, est la même dans tous les corps :* puisque c'est une ma-

tiere homogene & parfaitement ſemblable en nature & comme matiere, dans tous les corps quelconques. (143.)

189. COROLLAIRE II. *La forme des corps, ou ce par quoi une eſpece differe d'une autre eſpece, n'eſt autre choſe que la diverſité d'accidents qui caractériſe leurs éléments ;* ſavoir, la diverſité ou de maſſe, ou de configuration, ou de mouvement, ou d'affinité dans ces éléments : puiſque par cette diverſité d'accidents dans ces éléments principes des corps, on rend ſuffiſamment raiſon de l'admirable variété qui regne dans la nature, & qui fait qu'une eſpece de corps differe eſſentiellement de l'autre. (144.)

190. COROLLAIRE III. *Les qualités ſenſibles des corps, telles que l'odeur, la couleur, la ſaveur, l'amertume, la douceur, la chaleur, le froid, & autres ſemblables, ont pour cauſe, non des qualités occultes, inhérentes à la matiere, & diſtinguées de la matiere & de ſes accidents, mais ſimplement une matiere homogene différenciée par ſes divers accidents.*

DÉMONSTRATION. Par là même que l'on conçoit une matiere homogene, diviſée en éléments immenſément variés dans leur maſſe, dans leur configuration, dans leur mouvement, dans leur adhéſion ; on conçoit que cette matiere eſt propre, ſans rien de plus, à faire naître en nous une foule quelconque de ſenſations différentes. Car il eſt clair que des éléments ſphériques doivent occaſionner une autre ſenſation que des éléments anguleux ; des éléments en repos, une autre ſenſation que des éléments animés d'un plus ou moins grand mouvement ; des éléments adhérents entre eux, une autre ſenſation que des éléments ſans union ; des éléments plus lourds & plus maſ-

ſifs, une autre ſenſation que des éléments plus ſubtils & plus déliés; & ainſi du reſte. Donc, par l'axiome philoſophique, qu'il ne faut point multiplier les cauſes, les principes, les êtres, ſans néceſſité & ſans raiſon; on ne doit point recourir aux vertus ou qualités occultes du péripatétiſme, qualités qu'on ne peut ni définir ni concevoir, pour expliquer les qualités ſenſibles des corps, qui s'expliquent ſi naturellement par la ſeule diverſité de leurs accidents. Donc le ſucre en ſoi n'eſt point doux, l'abſinthe en ſoi n'eſt point amere, l'écarlate en ſoi n'eſt point rouge, la glace en ſoi n'eſt point froide, le feu en ſoi n'eſt point chaud, par quelque choſe qui ſoit diſtingué & de la matiere & des accidents de la matiere qui compoſe ou le ſucre, ou l'abſinthe, ou l'écarlate (874), ou la glace, ou le feu. Donc c'eſt uniquement d'après le préjugé, & non d'après la raiſon, que nous imaginons dans ces corps quelques qualités, quelques vertus, quelques manieres d'être, qui reſſemblent en nature aux ſenſations que leurs molécules font naître en nous par la diverſité de leurs maſſes, de leurs configurations, de leurs mouvements. C. Q. F. D.

191. COROLLAIRE IV. *Les végétaux n'ont point, comme le penſoient les péripatéticiens, une ame végétative diſtinguée de la matiere & des modifications de la matiere :* puiſque l'expérience & l'obſervation ne nous montrent dans les plantes quelconques, que des mouvements locaux, dépendants des loix générales de l'impulſion & de l'attraction, & parfaitement conformes aux regles générales de la méchanique.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

192. OBJECTION I. Il s'ensuit de nos principes, que les différentes especes de corps ne different qu'accidentellement les unes des autres: puisqu'une espece ne differe de l'autre, l'or, par exemple, du crystal, que par la diversité de leurs accidents.

RÉPONSE. Les différents corps different essentiellement les uns des autres: puisqu'ils different par une nature essentiellement différente dans deux especes. Mais cette nature essentiellement différente dans deux especes, peut résulter d'un ensemble d'accidents dans l'une, totalement différent de l'ensemble d'accidents qui caractérise l'autre. Car on conçoit aisément que, malgré l'homogénéité de substance, un corps composé d'éléments unis & en repos, doit différer totalement & dans sa nature & dans ses propriétés & dans ses effets, d'un autre corps composé d'éléments désunis & en mouvement : donc la seule différence des accidents peut mettre entre deux corps une différence de nature & d'essence. Pour éviter toute équivoque en ce genre, il faut ne point confondre la forme essentielle de la matiere, avec la forme essentielle des corps.

I°. J'appelle *forme essentielle de la matiere*, cette propriété par laquelle la matiere est constituée matiere, par laquelle la matiere differe de tout ce qui n'est pas matiere. Il est évident que cette propriété de la matiere est indépendante des accidents dont on vient de parler. Car on conçoit sans peine, qu'un élément cubique ne cessera pas d'être matiere, en devenant sphérique ou

pyramidal ; qu'un élément en repos ne cessera pas d'être matiere, en acquérant le mouvement ; qu'un élément isolé ne cessera pas d'être matiere, en se combinant avec un autre élément semblable ou dissemblable. Nous avons fait voir ailleurs que cette forme essentielle de la matiere, nécessairement existante dans la matiere, a toujours échappé aux recherches obstinées des philosophes. (*Met.* 714.)

II°. J'appelle *forme essentielle des corps*, considérés dans un état d'aggrégation & de combinaison, cette propriété caractéristique, par laquelle un composé differe d'un autre composé ; & je dis que cette propriété résulte simplement & uniquement d'un ensemble d'accidents, ensemble différent dans deux especes de corps. Cet ensemble d'accidents est accidentel à la matiere du composé, ou aux éléments qui forment ce composé : puisque la matiere du composé peut perdre cet ensemble d'accidents, sans cesser d'être matiere. Mais cet ensemble d'accidents est essentiel au composé, comme composé, comme tel corps : puisque ce composé ne peut perdre cet ensemble d'accidents, sans cesser d'être tel composé, tel corps.

La *diversité de la matiere* a pour source la différence des masses & des configurations qui sont indestructiblement affectées aux éléments primitifs, à chaque espece d'éléments primitifs. La *diversité des corps*, ou des composés, a pour source le différent mêlange, le différent assortiment, la différente combinaison, la différente affinité, la différence de mouvement, de repos, de situation, de contiguïté dans ces divers éléments, unis en un même tout.

193. OBJECTION II. Le sentiment nous aver-

tit qu'il y a une chaleur réelle dans un tiſon ardent, une amertume réelle dans une feuille d'abſinthe, une douceur réelle dans un morceau de ſucre. La raiſon nous apprend que ce que nous ſentons dans le feu, dans le ſucre, dans l'abſinthe, ne reſſemble ni à la matiere, ni aux accidents de la matiere. Donc il y a réellement dans les corps, des qualités ſenſibles, diſtinguées & de la matiere & des accidents de la matiere.

RÉPONSE. I°. Le ſentiment nous avertit qu'un tiſon ardent, qu'une feuille d'abſinthe, qu'un morceau de ſucre, ſont des corps propres à faire naître en nous telle & telle ſenſation. Mais le ſentiment ne nous dit pas qu'il y ait dans ces corps quelque choſe qui reſſemble de près ou de loin à nos ſenſations. (*Met.* 204.)

II°. La raiſon nous apprend que la ſenſation de chaleur, d'amertume, de douceur, ne reſſemble ni à la matiere, ni aux accidents de la matiere: puiſqu'une telle ſenſation n'eſt autre choſe qu'une modification ſpirituelle de notre ame. Mais la raiſon ne nous dit pas qu'il y ait dans le feu, dans le ſucre, dans l'abſinthe, quelque qualité, quelque maniere d'être, quelque choſe, dont notre ſenſation ſoit l'image & l'expreſſion: puiſque les corps peuvent nous occaſionner les différentes ſenſations que nous éprouvons, par la ſeule différence des impreſſions matérielles qu'ils font ſur nos organes, comme nous l'avons expliqué aſſez au long dans notre cours de métaphyſique; & que la ſeule diverſité d'accidents eſt ſuffiſante pour différencier à l'infini les impreſſions que les corps peuvent faire ſur nos organes. (190.)

194. OBJECTION III. Il y a des plantes, telles

que la ſenſitive, qui ſemblent avoir du ſentiment : donc l'opinion des Péripatéticiens, qui donnoient aux plantes une ame diſtinguée de la matiere & des accidents de la matiere, n'eſt peut-être pas auſſi mal fondée que l'on penſe.

RÉPONSE. La ſenſitive, ſelon M. Tournefort, eſt une plante qui pouſſe une ſeule tige principale à la hauteur d'un pied & demi, mais qui ſe diviſe proche de la terre en pluſieurs rameaux, ligneuſe, luiſante, revêtue, de même que ſes rameaux, de feuilles longuettes, polies, étroites, rangées par paires ſur un côté, qui ſe rapprochent l'une de l'autre quand on les touche, & qui s'écartent enſuite, à peu près comme les feuillets d'un livre que l'on ouvre après l'avoir fermé. Il y a pluſieurs autres eſpeces de ſenſitives. A Toqué près de Panama, dans l'iſthme de l'Amérique, il y a des champs couverts de l'herbe ſenſitive.

Le phénomene qu'on objecte paroît être une dépendance de l'électricité, dont nous traiterons ailleurs (1102). Quand on porte la main vers la ſenſitive, il s'échappe du ſein de cette plante un torrent de matiere qui a ſon cours vers la main qu'on lui préſente ; & qui imprime aux feuilles flexibles d'où il s'échappe, la même direction de mouvement qu'il a lui-même. Les autres plantes ne préſentent pas le même phénomene : parce qu'elles n'ont pas une ſemblable matiere effluente, qui ait une tendance naturelle vers le corps humain.

195. OBJECTION IV. Le polype a évidemment une ame diſtinguée de la matiere & des accidents de la matiere : pourquoi les autres plantes n'auroient-elles pas une ame ſemblable, quoiqu'elle

qu'elle s'annonce d'une maniere moins ſenſible?

RÉPONSE. Le polype eſt une production de la nature, que les naturaliſtes avoient regardée comme une plante, & que MM. Trembley, de Reaumur & de Juſſieu ont jugé être un animal. Ils lui donnent le nom de polype, parce que ſes cornes reſſemblent à l'animal marin qui porte ce nom.

Le *polype*, ſelon M. de Reaumur, eſt un petit animal aquatique, d'un beau verd, qui s'attache toujours par un bout à quelque choſe, & qui deux cornes à l'autre bout. Cet animal a la forme d'un cylindre; & l'on a beau le couper, ſoit en travers, ſoit en longueur, on voit avec ſurpriſe que les parties ſéparées & miſes dans des vaſes à part dans la même eau qui les a formées, reprennent, en moins de vingt-quatre heures, chacune la partie qui leur manque : enſorte qu'il revient une tête à la partie qui n'en avoit plus; & la partie baſſe revient de même à la partie où eſt la tête. Le polype ſe trouve dans les viviers & dans les eaux dormantes. Il engendre à la maniere des plantes, mais il fait toutes les fonctions des animaux. Il n'y a point de différence de ſexe entre un polype & un autre polype. Ses petits, tout formés, ſortent de toute la ſurface de ſon corps. Ils reſtent, quelque tems après leur naiſſance, debout & implantés ſur cette ſurface par leur partie inférieure; & pendant que ces premiers enfants achevent de naître, ils en font déja d'autres ſemblables à eux, qui en font encore comme les premiers : enſorte que le pere de toutes ces productions, eſt grand-pere, avant d'avoir achevé d'enfanter ſon premier-né.

Il y a pluſieurs eſpeces de polypes : il y en

a de terreſtres, il y en a d'aquatiques; ceux-ci ſont, ou marins, ou d'eau douce. Le nombre de leurs bras eſt aſſez communément depuis ſix juſqu'à douze; quelquefois, mais fort rarement, juſqu'à dix-huit. Le polype n'eſt, d'un bout juſqu'à l'autre, qu'un canal vuide, dont la ſuperficie intérieure & extérieure, conſidérée au microſcope, paroît toute couverte de petits grains qui ſe détachent facilement de la ſubſtance de l'animal, & qui ne lui paroiſſent point adhérents. Le polype, ſelon les auteurs dont on vient de faire mention, paroît être une eſpece mitoyenne entre l'animal & le végétal, qui tient de l'un & de l'autre, & qui forme la chaîne de communication entre ces deux genres. Voici maintenant la réponſe à l'objection.

I°. Aucune preuve bien déciſive ne fait voir qu'il y ait réellement du ſentiment dans cette production de la nature: comme on peut l'obſerver dans la deſcription que nous venons d'en donner, d'après les auteurs qui en font un animal-plante. Il eſt donc aſſez vraiſemblable que le polype n'eſt qu'une plante ſinguliere, dont les germes deſtinés à la reproduire, vont ſe dépoſer dans les différentes parties de ſon corps, & auxquels ces différentes parties ſervent comme de ſol où ils doivent s'épanouir & ſe développer. Les autorités reſpectables qui font du polype une plante animée, ſont contre-balancées par d'autres autorités non moins reſpectables, qui qui n'en font qu'une ſimple plante. (545. VI°.)

II°. Si l'on veut abſolument que le polype ſoit une eſpece d'animal plus ou moins parfaitement organiſé, plus ou moins doué de ſenſibilité; ce ſera ſimplement une eſpece de plus dans le

genre animal, & une eſpece de moins dans le genre végétal : ce qui ne change en rien les idées générales qu'on a de ces deux genres. Si le polype eſt un animal, il a une ame diſtinguée de la matiere & des accidents de la matiere, comme les brutes (*Met.* 569). Si le polype n'eſt qu'une ſimple plante, il n'a certainement pas beſoin, pour végéter & pour ſe reproduire, des formes ſubſtantielles du péripatétiſme. (157.)

ARTICLE SECOND.

PROPRIÉTÉS DES CORPS.

196. DÉFINITION. ON nomme *propriétés des corps*, leur maniere propre d'exiſter & d'agir : ce qui renferme & les qualités qui les confondent, & les qualités qui les caractériſent, dans leurs genres & dans leurs eſpeces. Parmi ces propriétés des corps, ou parmi ces manieres d'être ou d'agir (*Met.* 51) :

I°. Il y en a qui ſont communes à tous les corps, & qui paroiſſent être inſéparables de leur eſſence, ſans la conſtituer. Telles ſont la mobilité, l'étendue, l'impénétrabilité, l'exigence d'une configuration & d'une ubication quelconques : puiſqu'on ne peut concevoir aucun corps ſans ces qualités, & que ces qualités ne conſtituent cependant pas leur eſſence immuable.

II°. Il y en a qui ſont également communes à tous les corps, mais qui ne ſont point abſolument inſéparables de leur eſſence : puiſqu'on conçoit ces mêmes corps, ces mêmes touts ma-

tériels, ſans ces qualités. Telles ſont la gravitation, la poroſité, la dilatabilité, la condenſabilité.

III°. Il y en a qui ſont communes à un certain nombre d'eſpeces de corps, ſans convenir de même aux autres eſpeces. Telles ſont l'élaſticité, la ſolidité, la fluidité.

IV°. Il y en a enfin qui ne ſont communes qu'aux individus d'une même eſpece, ou qui conviennent à une eſpece unique, ſans convenir à aucune autre eſpece. Telle eſt la propriété de tranſmettre le ſon, dans les molécules aériennes; d'échauffer & de brûler, dans la matiere ignée; de donner à l'œil la ſenſation du rouge, dans l'eſpece rouge de rayons; de donner au goût telle ſenſation d'amertume, dans l'abſinthe; & ainſi du reſte.

Il y a donc dans les corps, & des *propriétés ſpécifiques*, qui ne conviennent qu'à une ſeule eſpece de corps; & des *propriétés générales*, qui conviennent ou à tous les corps, ou à pluſieurs eſpeces de corps. Nous ferons connoître les premieres, dans différentes parties de cet ouvrage; par exemple, les propriétés ſpécifiques de l'air, dans la théorie de l'air; les propriétés ſpécifiques de la lumiere, dans la théorie de la lumiere. Quant aux dernieres, nous allons choiſir celles qui exigent quelque explication & quelque développement, telles que la poroſité, la compreſſibilité, la ſolidité, la fluidité, l'élaſticité, la gravité; pour en faire l'objet de cet article, & pour terminer un traité reſtreint à la théorie générale de la matiere & des corps.

PARAGRAPHE PREMIER.

LA POROSITÉ DES CORPS.

PROPOSITION I.

197. *TOUS les corps ſoumis à nos expériences, ſont poreux.*

DÉMONSTRATION. La généralité de cette propoſition découlera par un jugement d'analogie, des diverſes expériences que nous allons faire, ou que nous rapporterons comme faites, ſur pluſieurs eſpeces différentes de corps.

I°. *Le bois eſt poreux.* Sur un large vaſe cylindrique de verre, ouvert par les deux bouts, placez un vaſe de bois que vous maſtiquerez avec le cylindre, & que vous emplirez d'eau. Pompez enſuite l'air renfermé dans ce cylindre, par le moyen d'une machine pneumatique. L'eau paſſera à travers le vaſe de bois, & coulera peu à peu en petites gouttes dans le cylindre : donc le bois a des pores ou des ouvertures, propres à donner paſſage à l'eau.

II°. *La peau des animaux eſt poreuſe.* Sur le même cylindre, au lieu d'un vaſe de bois, placez de la même maniere une eſpece de vaſe ou de récipient, fait d'une peau de veau ou de mouton, & empli de mercure ; & pompez l'air par le moyen d'une machine pneumatique. Vous verrez le mercure couler & jaillir à travers la peau, comme une petite pluie d'argent : donc cette peau eſt comme un crible, percé de mille & mille pores. C'eſt par le moyen des pores que s'opere la tranſpiration dans les animaux & dans les végétaux.

III°. *Les métaux sont poreux.* Tous les métaux sont dissolubles par le moyen de l'eau forte ou de l'eau régale (111, 113): donc les métaux sont de toutes parts criblés de pores qui donnent passage dans l'intérieur de leur substance, à ces liqueurs.

IV°. *L'eau, l'air, le diamant, le crystal de roche, sont poreux :* puisqu'ils donnent de toute part un libre passage à la lumiere.

V°. *Le marbre est poreux :* puisqu'il se laisse pénétrer par l'esprit-de-vin & de thérébentine ; & qu'on donne intérieurement à certains marbres blancs, des couleurs artificielles & inamissibles, par lesquelles ils imitent les marbres que la nature a elle-même colorés. C. Q. F. D.

PROPOSITION II.

198. *Les pores ne sont pas de même figure & de même grandeur dans tous les corps.*

DÉMONSTRATION. I°. Il y a des corps qui donnent passage à l'eau & à l'air; tels que le bois, la coque d'œuf, la peau des animaux. Il y a des corps qui ne donnent passage ni à l'air, ni à l'eau ; tels que le verre, le crystal de roche, l'or, l'argent, le marbre. Donc les pores de ces différents corps ne sont pas de même figure & de même grandeur.

II°. Quand on examine au microscope, des sections fort minces de différents corps, on y découvre sensiblement des différences très-marquées dans la figure & dans la grandeur de leurs pores : donc il y a réellement une différence de figure & de grandeur dans les pores des différents corps.

III°. Il conste que le liége, à égalité de volume, a une plus grande somme de pores que le chêne : puisque le chêne est plus pesant que le liége. Il conste de plus, que les pores du liége sont plus petits que les pores du chêne : puisque le liége est plus propre que le chêne, à empêcher l'évaporation des liqueurs spiritueuses & fermentescibles. Donc le liége & le chêne ont des pores tout différents. Donc encore, dans deux corps d'inégale densité, la multitude des pores peut en compenser la grandeur. C. Q. F. D.

199. COROLLAIRE. Il s'ensuit, de la théorie que nous venons de donner sur la porosité des différents corps :

I°. Que *dans les corps les plus solides, les plus compacts, les plus pesants, tout n'est pas matiere* : puisque des pores & des vuides sans nombre de différente figure & de différente grandeur, sont interceptés de toute part entre les éléments qui forment ces corps. L'or, le plus pesant & le plus compact de tous les corps connus, a vraisemblablement plus de vuide que de matiere.

II°. Que si un corps très-compact & très-pesant, tel que l'or, a déja beaucoup de vuide ; *un corps beaucoup moins pesant & beaucoup moins compact, tel que l'eau, en aura encore bien davantage.*

III°. Qu'en supposant que toute matiere est pesante, comme nous le démontrerons ailleurs (243) ; *la quantité de matiere qui forme deux corps d'égal volume, est proportionnelle à leur poids.* Un pouce cubique d'or, pesant dix-neuf fois & demi plus qu'un pouce cubique d'eau, aura donc dix-neuf fois & demi plus de matiere & moins de vuide que l'eau.

IV°. Que dans la théorie des corps, il faut ſavoir diſtinguer exactement ces trois choſes, la maſſe, le volume, la denſité, dont nous allons donner des idées nettes & préciſes.

Maſſe, volume, denſité.

200. DÉFINITION I. La *maſſe d'un corps*, eſt la quantité de matiere gravitante qu'il contient, quel qu'en ſoit le volume. La quantité de la maſſe eſt déterminée par la quantité du poids. La maſſe d'une livre de laine eſt égale à la maſſe d'une livre de plomb : parce qu'il y a dans l'une & dans l'autre, une égale quantité de matiere gravitante.

201. DÉFINITION II. Le *volume d'un corps*, eſt la quantité d'eſpace qu'il occupe, quelle qu'en ſoit la maſſe. La quantité du volume eſt le produit des trois dimenſions, longueur, largeur, profondeur. Un pied cube d'air, eſt égal en volume, à un pied cube de plomb : parce que ces deux corps, malgré la diverſité de leurs maſſes, occupent un égal eſpace.

202. DÉFINITION III. La *denſité d'un corps*, eſt le rapport de ſa maſſe à ſon volume : de ſorte que plus la maſſe eſt grande & le volume petit, plus la denſité eſt grande.

I°. La denſité d'un corps eſt donc le quotient de la maſſe diviſée par le volume. Pour eſtimer le rapport de denſité entre deux corps, il faut diviſer dans l'un & dans l'autre la maſſe par le volume : les quotients exprimeront leurs denſités reſpectives. Par exemple, une livre d'eau a un volume environ dix-neuf fois & demi plus grand, qu'une livre d'or. En diviſant

ces deux maſſes égales par leurs volumes reſpectifs, on aura deux quotients qui exprimeront & la denſité de l'eau & la denſité de l'or; & on trouvera que la denſité de l'eau eſt à la denſité de l'or, environ comme 1 eſt à 19 & demi.

II°. La denſité d'un corps détermine ſa *peſanteur ſpécifique*, ou la peſanteur propre qui diſtingue & caractériſe ſon eſpece, ſans convenir à d'autres eſpeces : cette peſanteur ſpécifique eſt le quotient du poids abſolu, diviſé par le volume.

Les volumes de pluſieurs corps ſolides & liquides étant ſuppoſés égaux, par exemple, d'un pied cube ou d'un pouce cube, les peſanteurs ſpécifiques de ces différents corps ſeront entre elles comme leurs poids abſolus : puiſque les volumes, qui ſont les diviſeurs, étant les mêmes; les quotients qui expriment les peſanteurs ſpécifiques, ſont néceſſairement entre eux comme les dividendes qui ſont les poids abſolus (*Math.* 165). Par exemple, ſi un pied cube d'eau de pluie peſe 70 livres, & un pied cube de mercure 951 livres; la denſité & la peſanteur ſpécifique de l'eau, ſont à la denſité & à la peſanteur ſpécifique du mercure, comme 70 eſt à 951, ou comme 1 eſt à 13 & demi & un peu plus. Nous donnerons ailleurs une table des denſités & des peſanteurs ſpécifiques des différents corps ſolides & liquides, qu'il importe plus de connoître. (644.)

203. REMARQUE. Il conſte, par une foule d'expériences, que la maſſe d'un corps reſtant la même, le volume de ce corps peut croître ou décroître ; & par conſéquent, que la denſité de

ce corps, qui eſt toujours le rapport de la maſſe au volume, peut auſſi croître ou décroître. Quand, la maſſe reſtant la même, le volume devient plus grand, la denſité diminue : c'eſt *dilatation* dans ce corps. Quand, la maſſe reſtant la même, le volume devient plus petit, la denſité augmente : c'eſt ou *condenſation*, ou *compreſſion* dans ce corps. La denſité d'un corps peut croître en deux manieres :

I°. Par l'échappement d'un fluide, qui, interpoſé entre ſes parties, les empêchoit de s'approcher & de s'unir ſelon toute leur tendance naturelle : c'eſt ce qu'on nomme condenſation.

II°. Par l'action d'une force étrangere, qui, luttant contre un corps ſolide, oblige ſes parties à ſe rapprocher davantage les unes des autres : c'eſt ce qu'on nomme compreſſion.

Dans la condenſation & dans la compreſſion, la cauſe eſt différente ; mais l'effet de ces deux cauſes eſt toujours le rapprochement des parties & l'augmentation de la denſité.

CONDENSATION DES CORPS.

PROPOSITION III.

204. *Si l'on excepte les éléments primitifs des corps, leſquels paroiſſent être inaltérables, tous les corps, ſolides, liquides, fluides, ſe condenſent & ſe dilatent.*

DÉMONSTRATION. La poſſibilité de la condenſation & de la dilatation, eſt facile à établir. Car tous les corps ont des pores ou des vuides, interpoſés entre leurs éléments ſolides : or par-tout où il y a des pores ou des vuides,

interpoſés entre des parties ſolides, là peut ſe faire un rapprochement de ces parties ſolides, & par là même, une condenſation dont la ceſſation deviendra une vraie dilatation : donc la condenſation & la dilatation ſont évidemment poſſibles.

L'exiſtence de la condenſation & de la dilatation, eſt ſenſiblement démontrée par l'expérience, ſoit dans les ſolides, ſoit dans les liquides, ſoit dans les fluides :

I°. *Dans les ſolides.* Une barre de fer, de bronze, d'acier, diminue ſenſiblement en longueur, en largeur, en épaiſſeur, quand elle paſſe d'un grand degré de chaleur à un grand degré de froid. La même choſe arrive au marbre, à l'or, à l'argent, à tous les cops ſolides, dont le volume eſt toujours plus ou moins ſenſiblement augmenté par la chaleur, diminué par le froid.

II°. *Dans les fluides.* Une veſſie emplie d'air, eſt bien tendue en été, devient flaſque & ridée en hiver, perd ſes rides & reprend encore ſa tenſion en été; ſelon que l'air qu'elle renferme, ſe dilate ou ſe condenſe.

III°. *Dans les liquides.* Un liquide quelconque, enfermé dans un thermometre, monte & deſcend alternativement, ſelon la différente température où il ſe trouve expoſé : donc la liqueur renfermée, qui reſte toujours la même, augmente ou diminue alternativement en volume, eſſuie tour à tour ou une condenſation, ou une dilatation. C. Q. F. D.



COMPRESSION DES CORPS.

PROPOSITION IV.

205. *Les corps ſolides, les corps les plus durs que nous connoiſſions, ſont tous ſuſceptibles de compreſſion.*

DÉMONSTRATION. I°. Une maſſe de fer, de cuivre, d'or, d'argent, perd, ſous les marteaux qui la frappent, une partie très-conſidérable de ſon volume, ſouvent ſans rien perdre de ſon poids, toujours ſans perdre une partie de ſon poids proportionnelle à celle de ſon volume: donc ces corps ſe compriment; donc ces corps ſont compreſſibles.

La même compreſſibilité ſe montre ſingulierement dans le bouïs. Une boule de mail, d'abord fort volumineuſe, devient fort petite dans les moules & ſous les marteaux qui la compriment, & conſerve à peu près ſon poids primitif.

II°. Si on laiſſe tomber d'aſſez haut, une boule de marbre ou d'ivoire, ſur un plan horiſontal de marbre ou d'acier, & qu'on ait légérement ciré ou huilé ce plan; on obſervera dans la boule, après ſa chûte, un petit cercle ciré ou huilé; & ce cercle ſera d'autant plus grand, que la boule ſera tombée de plus haut. Sur quoi je raiſonne ainſi:

Il eſt évident que cette boule ne peut, ſans qu'il y ait compreſſion, toucher le plan que dans un point: or le cercle ciré ou huilé qu'on découvre dans la boule, préſente des veſtiges d'un aſſez large contact: donc il faut qu'il y ait eu compreſſion ou dans la boule, ou dans le

plan, ou dans l'un & dans l'autre à la fois.

III°. Comme tous les corps durs & ſolides ſur leſquels nous pouvons faire des expériences, ſe compriment ; il s'enſuit, par un jugement d'analogie, que tous les corps durs & ſolides ſont ſuſceptibles de compreſſion. C. Q. F. D.

PROPOSITION V.

206. *Les liquides, quoique ſuſceptibles de condenſation, ne ſont point ſuſceptibles de compreſſion.*

DÉMONSTRATION. Deux expériences vont établir cette propoſition. On pourroit l'établir par une foule d'autres, que l'amour de la briéveté, & l'antipathie pour la redondance, nous engagent à omettre. Ce que nous allons dire de l'eau, peut ſe dire également du vin, de la biere, de l'huile, du mercure, de tout liquide quelconque.

207. EXPÉRIENCE I. Soit un globe creux, formé d'une lame de cuivre aſſez mince. Qu'on empliſſe d'eau ce globe, & qu'après l'avoir fermé hermétiquement, on le preſſe ou avec un treuil, ou avec un étau, ou avec telle autre puiſſance quelconque. Le globe cede & s'applatit un peu ; & ſi on le preſſe un peu trop fort, l'eau renfermée s'échappe, en forme de roſée ou de petite pluie, par les pores entr'ouverts de toute ſa ſurface. Sur quoi voici quelques obſervations à faire :

I°. Il eſt démontré en géométrie que de toutes les figures d'égal périmetre, le cercle eſt la plus grande ; & par conſéquent, que la ſphere, toute compoſée de plans circulaires, a plus de ſolidité, ſi elle eſt pleine, & plus de capacité,

ſi elle eſt vuide, que toute autre figure d'égale ſurface (*Mat.* 626). Le petit applatiſſement que ſouffre le globe dont on vient de parler, avant de laiſſer échapper l'eau renfermée dans ſa capacité, ſemble d'abord prouver que l'eau renfermée ſe comprime : puiſqu'en changeant de figure, le globe ſemble ſe réduire à une moindre capacité, ſans rien perdre encore du liquide qu'il contient.

II°. Mais, après l'expérience faite, après que le globe a été applati ſans rien perdre encore de ſon liquide, ſi on extrait l'eau enfermée, & qu'on y en mette d'autre ; on trouve que, malgré l'applatiſſement du globe, qui devroit avoir diminué ſa capacité, ce globe contient préciſément la même quantité d'eau qu'auparavant. D'où il réſulte que ce n'eſt point l'eau qui a diminué en volume, mais le globe qui a augmenté en capacité, en s'étendant par ſa ductilité ſous l'effort de la preſſion. La vérité de cette conſéquence ſe rend ſenſible, quand on augmente la preſſion. Les petites gouttes que l'œil voit ſortir de tous les points de la ſurface du globe, ne peuvent s'échapper que par l'extenſion des pores, & conſéquemment par l'extenſion même du métal ; qui, prenant plus de ſurface, prend néceſſairement plus de capacité dans ſa partie dilatée.

III°. Puiſque l'eau réſiſte efficacement à toute force méchanique qui tend à la comprimer, puiſque l'eau étend ou entr'ouvre les vaſes qui la renferment, à meſure & à proportion qu'une force extrinſeque tend à la réduire à un moindre volume ; il s'enſuit que l'eau doit être un corps incompreſſible, un corps capable de ré-

ſiſter à tous les efforts que les forces méchanique peuvent faire pour la comprimer ou pour lui faire perdre une partie de ſon volume. On peut dire la même choſe de tout autre liquide.

208. EXPÉRIENCE II. Soit un tube de verre, recourbé en forme de ſiphon ABCD, & ſuſpendu verticalement. On verſera d'abord dans le tube une petite quantité de mercure, qui ſe mettra de niveau de part & d'autre en B & C : on emplira enſuite d'eau, la capacité D C ; & on fermera hermétiquement l'extrêmité D : après quoi on emplira de mercure la partie B M ou B A du tube, à telle hauteur indéterminée qu'on voudra, de trente, de cinquante, de cent pouces, & ainſi de ſuite. Quel que ſoit le poids de la colonne A B, l'eau occupe toujours le même eſpace C D. Sur quoi je raiſonne ainſi (*fig.* 8) :

Si l'eau ſouffroit quelque compreſſion, la petite quantité d'eau C D, preſſée par tout le poids de la colonne de mercure A B, ſe retireroit du point C vers le point D : mais, quelque grande que ſoit la colonne de mercure qui la preſſe, l'eau ne quitte pas le point C, l'eau occupe toujours le même eſpace D C : donc l'eau ne ſouffre aucune compreſſion ; donc l'eau eſt incompreſſible.

Si on fait la même expérience ſur la biere, ſur le vin, ſur l'huile, ſur tel autre liquide qu'on voudra, on trouvera toujours que ces liquides, preſſés par le poids d'une colonne quelconque de mercure, ne ſouffrent aucune diminution de volume. Donc ces liquides ne ſouffrent aucune compreſſion : donc ces liquides ſont incompreſſibles. C. Q. F. D.

209. OBJECTION. L'eau étant un corps extrêmement poreux, pourquoi ne seroit-elle pas compressible? D'ailleurs, Boyle prétend avoir apperçu dans ses expériences, quelques signes de compressibilité dans l'eau ; donc il n'est point certain que l'eau soit incompressible ; donc il n'est pas plus certain que les autres liquides soient incompressibles.

RÉPONSE. I°. En genre de physique, les raisonnements sont fort inutiles contre l'expérience : aucune raison métaphysique ne peut infirmer ce que l'œil découvre & démontre.

II°. Nous ne soutenons pas que l'eau soit absolument incompressible en elle-même : nous disons simplement, d'après l'expérience, que sa résistance à la compression a vaincu jusqu'à présent tous les efforts qu'on a employés pour la comprimer.

III°. Comme on a répété mille & mille fois les expériences de Boyle, sans découvrir aucun signe de compressibilité dans l'eau ; on a jugé avec raison, que les signes de la compressibilité que Boyle crut y avoir apperçus, devoient être attribués ou à la ductilité des métaux dans lesquels il enfermoit l'eau, ou à la petite quantité d'air qui s'insinuoit avec l'eau dans les vaisseaux qu'il employoit pour faire ses expériences.

La théorie de la dilatation & de la condensation nous mene naturellement à l'explication des phénomenes du thermometre & du pyrometre (*).

(*) ETYMOLOGIE. Thermometre, *mensura caloris* : de θερμη, *calor* ; & de μετρέω, *metior*. Pyrometre, *mensura ignis* ; de πῦρ, *ignis* ; & de μετρέω, *metior*.

Le

Le thermometre.

210. OBSERVATION. Le *thermometre* eſt un inſtrument propre à meſurer la quantité préciſe du chaud & du froid. C'eſt une des belles découvertes de la phyſique moderne ; découverte qui doit ſa perfection à M. de Reaumur. Avant ce célebre phyſicien, on avoit des thermometres plus ou moins exacts. Mais chaque thermometre ne ſervoit qu'à l'obſervateur iſolé qui en faiſoit uſage, ſans qu'il fût poſſible à cet obſervateur de communiquer ſes obſervations à d'autres obſervateurs qui n'avoient pas ſous les yeux le même thermometre avec lequel elles avoient été faites : parce qu'on n'avoit pas de point fixe pour évaluer ce qu'on devoit entendre par un degré de dilatation & de condenſation. M. de Reaumur entreprit de faire des *thermometres de comparaiſon*, dont le langage ſe fît entendre uniformément à toute la terre ; & il y réuſſit. Nous allons faire connoître lumineuſement & en peu de mots, ſur quels principes ſcientifiques eſt conſtruit cet inſtrument. (*fig.* 10.)

211. CONSTRUCTION. I°. Soit une boule creuſe de verre A, ſurmontée d'un petit canal cylindrique A B, d'une capacité fort petite & parfaitement égale dans toute ſa longueur. Qu'on empliſſe d'un mercure très-pur, cette boule & le canal, juſqu'à une certaine hauteur D ; & qu'après avoir mis la boule dans l'eau bouillante, pour faire ſortir ce qu'elle peut avoir de mercure ſuperflu, on bouche hermétiquement le canal en B, en n'y laiſſant point d'air autant qu'il eſt poſſible. *Boucher hermétiquement* un vaſe,

c'eſt le fermer de telle ſorte que l'air ne puiſſe s'y inſinuer en aucune maniere.

II°. Qu'on enveloppe de neige ou de glace pilée, la capacité emplie de mercure pendant environ une demi-heure: le mercure ſe *condenſant*, deſcendra dans le canal juſqu'à un point fixe, qu'on marquera avec un fil, & qu'on nomme le *point de la congelation.*

III°. Qu'on mette doucement & peu à peu ce même inſtrument dans l'eau bouillante; enſorte que l'eau bouillante enveloppe à peu près toute la partie où ſe trouve le mercure: le mercure *ſe dilatant*, montera dans le canal juſqu'à un certain point fixe, qu'on marquera également avec un fil, & qu'on nomme le *point de l'eau bouillante.*

IV°. Qu'on diviſe enfin exactement avec un compas, l'eſpace compris entre le point de la congelation & le point de l'eau bouillante, en quatre-vingt parties égales, qu'on nomme *degrés*, & qu'on tracera proprement ſur un papier à côté du canal cylindrique. Ayant diviſé en degrés exactement égaux, tout l'eſpace depuis le point de la congelation zero, juſqu'au point de l'eau bouillante, & depuis le même point de la congelation juſqu'à la boule à peu près; on aura un thermometre de comparaiſon, qui marquera fidélement la tempérarure préſente du lieu où il ſe trouvera placé.

Au lieu de diviſer l'eſpace compris entre le point de la congelation & le point de l'eau bouillante en quatre-vingt parties ou degrés, on pourroit prendre une autre diviſion quelconque. La diviſion de quatre-vingt degrés, a été préférée par M. de Reaumur, & adoptée par

la plupart des phyficiens ; fans doute parce qu'en donnant des degrés plus fenfibles, elle eft divifible affez loin par moitiés, en 40, en 20, en 10, en 5 ; ce qui rend la graduation plus exacte & plus facile. Les remarques fuivantes vont achever de faire connoître la théorie du thermometre de comparaifon.

212. REMARQUE I. Le mercure a en lui-même, dans tous les pays du monde, une égale difpofition à fe dilater ou à fe condenfer, fous un même degré de chaleur ou de froidure.

Donc la quantité de chaleur qui, excédant le degré de la congelation, dilatera en France le mercure, d'une quatre-vingtieme partie de la dilatation qu'il faudroit pour atteindre au point de l'eau bouillante, opérera la même dilatation en Chine, en Canada, au Brefil ; & donnera un degré au deffus de la congelation, en ces régions, comme en France.

Donc, par la même raifon, un degré déterminé de froid, qui, excédant le froid de la glace pilée, condenfera en France le mercure, de dix quatre-vingtiemes, ou de dix degrés, le condenfera également de dix degrés ou de dix quatre-vingtiemes, en Turquie & en Siberie ; & donnera précifément en tous ces pays, dix degrés au-deffous de la congelation.

Il n'eft point néceffaire que, dans les thermometres de comparaifon, les boules foient, de part & d'autre, proportionnelles à la capacité des tubes cylindriques, à côté defquels on marque les degrés. Si, les boules étant égales, les cylindres font inégaux en capacité, les degrés auront plus d'étendue dans le plus petit tube, & moins d'étendue dans le plus grand tube :

mais la quantité de la dilatation ou de la condensation sera toujours fidélement marquée par les deux tubes, dont les degrés plus ou moins étendus, sont toujours des quatre-vingtiemes de la dilatation totale qu'il faut pour atteindre depuis le point de la congelation jusqu'au point de l'eau bouillante, qui sont les deux points fixes & invariables d'où part la division dans tous les thermometres.

213. Remarque II. Il conste par mille & mille expériences, que l'eau de pluie & de fontaine, arrivée au point d'ébullition dans un vase ouvert, a un degré de chaleur uniforme dans toute la terre : elle procure donc par-tout une dilatation uniforme au mercure. Après deux ou trois bouillons, l'eau a acquis le plus haut degré de chaleur qu'elle puisse atteindre dans un vase ouvert ; & en bouillant ensuite pendant plusieurs heures, elle ne fait que se conserver dans le même degré de chaleur : sans doute parce que les particules aqueuses, qui ont acquis toute la chaleur dont elles sont susceptibles en vase ouvert, s'évaporent, & échappent à l'action du feu qui ne peut s'accumuler dans elles. L'eau en vase clos, est susceptible d'un degré de chaleur accumulée, qui va jusqu'à l'incandescence.

L'eau de mer, dans l'état d'ébullition en vase ouvert, a plus de chaleur que l'eau de fontaine ; l'huile, beaucoup plus que l'eau de mer ; le mercure, incomparablement plus que l'huile. Selon les observations d'un académicien de Lyon, le thermometre qui, mis à l'épreuve de la glace & de l'eau bouillante commune, monte à 80 degrés, s'éleve dans l'eau de mer bouillante, à près de 82 ; dans le mercure bouillant, à 172,

214. REMARQUE III. Il confte également par l'expérience, que la glace pilée, foit en été, foit en hiver, a un égal degré de froid dans toutes les contrées de la terre : elle doit donc donner par-tout au mercure, une égale condenfation.

L'uniformité de chaleur dans l'eau bouillante, l'uniformité de froidure dans la glace pilée, fourniffent donc, comme on voit, le moyen de faire des thermometres de comparaifon, felon la méthode que nous avons tracée. Les régions qui n'ont ni neige ni glace, ont de la grêle; & la grêle fait précifément le même effet que la glace pilée, laquelle a précifément la même intenfité de froid que la neige. Ainfi, en tout pays du monde, on peut fe procurer aifément des thermometres de comparaifon; & ces thermometres, en quelque pays qu'ils foient conftruits, qu'ils foient appliqués aux obfervations, dans la zone torride ou dans la zone glaciale, donneront des mefures de froid & de chaud, qui feront entendues, qui feront comparables, dans toutes les contrées de la terre.

Un thermometre de comparaifon, pour évaluer la température de l'athmofphere, doit être expofé au nord & à l'ombre, à l'abri de toute réverbération qui puiffe altérer fenfiblement la température de l'air environnant. Le plus grand degré de froid, eft communément à l'inftant où le foleil va fe lever : le plus grand degré de chaleur, eft communément vers les deux ou trois heures après midi.

Tandis que le mercure fe foutient au-deffus du point de la congelation, l'eau ne gele point. Le mercure vient-il à defcendre jufqu'à ce point de la congelation? l'eau commence à fe geler;

à moins que l'agitation du vent, ou quelqu'autre cause étrangere ne l'en empêche.

Dans les grands froids, le mercure descend de beaucoup au-dessous du point où le fixe la glace pilée. Il descendit à Paris à 15 degrés & un quart plus bas en 1709, pendant ce froid célébre qui désola l'Europe. Dans les régions septentrionales, en Laponie, en Norvege, en Sibérie, il descend assez communément pendant l'hiver, jusqu'à 40 & 50 degrés au-dessous de la congelation : ensorte que ces régions éprouvent habituellement chaque année, un froid deux ou trois fois plus grand que celui qu'on essuya en France en 1709, & que nous avons vu renaître à Besançon en 1767 & 1768.

Ce qui n'est pas moins étonnant, c'est que dans les régions brûlantes de la zone torride, le thermometre, dans les plus grandes chaleurs de l'été, ne monte pas beaucoup plus haut qu'à Rome, qu'à Marseille, qu'en plusieurs autres villes de l'Europe : ce qui prouve que les intolérables chaleurs de la zone toride, accablent plus par leur continuité, que par leur intensité.

215. REMARQUE IV. C'est sur les mêmes principes, & d'après la même méthode, que l'on fait aussi des thermometres d'esprit de vin & d'autres liqueurs semblables, que l'on colore comme on veut. Mais on a observé que ces liqueurs sont quelquefois sujettes à certaines fermentations intérieures : ce qui fait que ces thermometres ne correspondent point, dans ces circonstances, au degré de froid extérieur qu'ils devroient marquer. C'est pour cette raison que l'on préfere aux liqueurs le mercure, lequel n'éprouve point de semblables fermentations. Un thermometre

bien fait eſt regardé par tous les phyſiciens, comme une regle ſûre & infaillible pour évaluer dans une infinité d'expériences le degré précis de chaleur & de froidure, que l'on cherche à connoître.

Le pyrometre.

216. DESCRIPTION. Le pyrometre eſt un inſtrument deſtiné à meſurer la quantité de feu qui pénetre un corps, ou à faire connoître la quantité de dilatation que le feu produit dans ce corps. (*fig.* 15.)

Soit une baguette de fer AB, qui, fixe & immobile au point A, aboutiſſe par le point D à une roue dentée DN, enſorte que ſi la baguette s'alongeoit d'une ou deux lignes, elle fît faire un tour entier à la roue DN, laquelle s'engraine avec une autre roue M.

Si on place pluſieurs petites bougies allumées ſous la baguette AB, cette baguette, dilatée par la chaleur, s'étendra & s'alongera en D; fera tourner la roue dentée DN, laquelle, par une ſeule révolution, fait faire une foule de révolutions à la roue M : de ſorte que, par cette communication de mouvements, une aiguille mobile RS tourne avec une grande rapidité, tant que la chaleur des bougies augmente la chaleur & la dilatation de la baguette AB; & que, quand on ôte les bougies, l'aiguille tourne en un ſens contraire, à meſure que la baguette de fer AB, perdant ſa chaleur & ſa dilatation, revient à ſon premier état de condenſation.



PARAGRAPHE SECOND.

SOLIDITÉ ET FLUIDITÉ DES CORPS.

217. OBSERVATION. Les corps ſenſibles ſont formés d'un nombre immenſe d'éléments d'une ténuité inconcevable ; éléments adhérents entre eux, dans les corps durs ou ſolides ; non adhérents entre eux, dans les corps liquides & fluides. Quelle eſt la cauſe de cette adhérence dans les uns, de ce défaut d'adhérence dans les autres ? Tel eſt le grand problême que nous allons tâcher de réſoudre ; problême qui, par ſon univerſalité, ne s'étend à rien moins, comme on voit, qu'à toutes les ſubſtances matérielles qui forment l'univers.

I°. Les Péripatéticiens attribuoient la ſolidité & la fluidité des corps, à deux qualités occultes, dont l'une opéroit la ſolidité, & l'autre, la fluidité ; & cette opinion revit encore dans quelques prétendus philoſophes, qui, pour rendre raiſon de ces deux grands phénomenes, ſe bornent à dire que les corps ſont ſolides ou fluides, parce que telle eſt leur nature.

Opinion inepte & anti-philoſophique ! Les corps n'ont d'autres nature ſpécifique, que celle qui réſulte & découle des loix générales, ſoit qu'on en connoiſſe, ſoit qu'on en ignore l'influence. Un philoſophe n'eſt pas obligé de connoître toujours les cauſes des phénomenes ; mais il ne doit jamais aſſigner aux phénomenes, des cauſes ridicules ou abſurdes.

II°. Gaſſendi fait réſulter la ſolidité des corps, d'un entrelacement de divers atomes branchus

& crochus ; & la fluidité, du défaut d'un tel entrelacement. Cette opinion, moins déraisonnable que la précédente, n'est pas moins insoutenable & inadmissible ; puisque ces éléments primitifs, entrelacés les uns avec les autres, ne pourroient se séparer sans rompre leurs branches & leurs angles ; & que ces éléments primitifs, selon Gassendi lui-même, sont insécables & indestructibles & dans leur tout & dans toutes leurs parties : d'où il résulteroit que les corps durs seroient tous d'une dureté infinie, & qu'aucune cause ne pourroit vaincre & détruire l'adhérence de leurs parties.

La solidité & la fluidité, ainsi que tous les autres phénomenes, doivent avoir pour cause, les loix ou les causes générales de la nature ; savoir, ou l'impulsion, ou l'attraction, ou l'une & l'autre. C'est cesser d'être physicien, que d'en chercher d'autres causes ; & c'est aussi dans ces deux seules loix de la nature, que nous allons chercher l'explication du phénomene en question.

La solidité, par impulsion.

218. SENTIMENT I. Selon Descartes & selon Malebranche, la solidité des corps a pour cause la pression d'une matiere subtile, de l'éther Cartésien, qui, avec une force immense plus ou moins contrariée, presse de toute part vers un centre commun, un amas d'éléments plus grossiers, & les applique l'un contre l'autre. Cette matiere subtile étoit sans élasticité, selon Descartes ; elle est élastique selon Malebranche & selon tous les modernes Cartésiens : mais, élastique ou non élastique, elle a une pression d'où

résulte, dit-on, la solidité de certains corps, ou l'adhérence réciproque de leurs parties. Développons & examinons ce méchanisme.

I°. Soit une machine de Magdebourg (700), divisée en ses deux hémispheres creux. Si on pompe l'air enfermé dans ces deux hémispheres, l'air environnant les presse l'un contre l'autre, & leur donne une adhérence qui ne pourra être vaincue que par une force égale à un poids de cent ou de deux cents livres. C'est-là l'image, selon les Cartésiens, du méchanisme qui produit la dureté des corps. Deux éléments de matiere rameuse & canelée, deux molécules dont les faces sont capables de s'appliquer parfaitement l'une contre l'autre, se trouvent-elles contiguës dans le tems où se forme un corps, tel que le bois ou le marbre? La matiere subtile, l'éther Cartésien, qui emplit la nature, presse ces deux molécules l'une contre l'autre avec une force immense : delà l'adhérence de ces deux molécules entre elles; delà l'adhérence semblable de toutes les autres molécules qui forment le même corps. La matiere qui produit cette pression, est la matiere qui emplit l'immensité des cieux, selon les Cartésiens; c'est-à-dire, la matiere du premier & du second élément de Descartes, la matiere subtile & la matiere globuleuse, élastique ou non élastique (163).

II°. Si un corps étoit composé tout entier d'éléments dont toutes les surfaces fussent parfaitement unies & totalement contiguës, ce corps entier seroit d'une adhérence ou d'une dureté comme infinie, selon les Cartésiens : puisque, pour vaincre cette adhérence des parties entre elles, il ne faudroit rien moins qu'une

force capable de ſurpaſſer la preſſion de tous les cônes de matiere éthérée, qui, aboutiſſant de toute part à tous les points de ce corps ſolide, s'étendent ſans aucun vuide juſqu'à la région des étoiles, ou peut-être juſqu'à la derniere couche de la matiere & du monde.

III°. Mais comme les corps durs & ſolides ne ſont pas compoſés d'éléments qui puiſſent s'appliquer les uns aux autres dans toute l'étendue de leurs ſurfaces, & que parmi ces éléments principes des corps, il y en a de différente maſſe & de différente figure ; il s'enſuit que les corps ſolides ne doivent pas avoir tous la même dureté ou la même adhérence de parties. Par exemple, les corps ſont plus durs, ou ont leurs parties plus fortement adhérentes les unes aux autres, quand leurs éléments ſont plus contigus & moins diviſés par des couches intermédiaires de matiere ſubtile. Les corps ſont moins durs, ou ont leurs parties moins adhérentes entre elles, à proportion que leurs molécules rameuſes & anguleuſes ſont moins contiguës & plus diviſées par des couches intermédiaires de matiere éthérée ; laquelle, communiquant avec la matiere extérieure, tend, par ſa preſſion ou par ſon élaſticité, à écarter les éléments plus maſſifs entre leſquels elle ſe trouve interpoſée, avec une force proportionnelle à ſa quantité. De là, ſelon les Cartéſiens, la différente dureté ou ſolidité du plomb, de l'or, de l'acier, du diamant. Le diamant eſt plus dur que le plomb : parce que la preſſion extérieure de la matiere éthérée eſt moins détruite dans le diamant que dans le plomb, par la réaction ou par la preſſion contraire de la matiere éthérée, répandue entre

les éléments de ces deux corps.

IV°. Si un corps eſt compoſé d'éléments ſphériques, ou cylindriques, ou pyramidaux, ou d'une figure quelconque qui donne peu de contact entre ces éléments ; ce corps ſera ſans adhérence, ou d'une adhérence ſenſiblement nulle; ce corps ſera liquide ou fluide : parce que la matiere ſubtile, interpoſée de toute part en très-grande abondance entre ſes éléments, tend intérieurement à les écarter, autant que la matiere ſubtile environnante tend extérieurement à les unir. Ces deux forces oppoſées, & ſenſiblement égales, ſe détruiſent réciproquement, & leur effet doit être nul. Telle eſt l'eau, tel eſt l'air, telle eſt la lumiere, tels ſont tous les corps liquides & fluides.

219. RÉFUTATION. Ce ſyſtême, très-philoſophique à bien des égards, le plus ingénieux & le plus ſatisfaiſant qu'on puiſſe imaginer dans l'hypotheſe du plein, s'écroule & s'évanouit néceſſairement avec cette hypotheſe, qui n'eſt aucunement ſoutenable, qui eſt toute fabuleuſe, qui ſe trouve diamétralement oppoſée à tous les grands phénomenes de la nature, comme nous le ferons voir ailleurs. (1398, 1399.)

Il eſt démontré à la vérité, que dans toute hypotheſe, il faut néceſſairement admettre l'exiſtence d'une matiere très-ſubtile, toujours en action & en mouvement; exiſtence évidemment démontrée par les phénomenes de l'électricité, de l'aiman, du feu, de la lumiere. Mais l'exiſtence d'une telle matiere n'a rien de commun avec celle de laquelle Deſcartes & Malebranche font naître le phénomene de la dureté des corps: puiſque la matiere ſubtile, dont l'exiſtence eſt

démontrée, ne ſuppoſe point une preſſion uniforme en tout ſens dans le plein, ſe concilie avec les vuides immenſes de Newton, doit plutôt tendre à écarter qu'à unir les éléments des corps qu'elle pénetre & qu'elle enfile avec tant de vîteſſe & de liberté, tantôt dans un ſens, tantôt dans l'autre, & jamais uniformément en tout ſens.

La ſolidité, par attraction.

220. SENTIMENT II. Selon la plupart des chymiſtes & des phyſiciens modernes, la ſolidité des corps, ou l'adhérence de leurs parties entr'elles, a pour cauſe l'attraction ſpéciale entre les éléments dont ſont formés ces corps. La fluidité des corps, ou le défaut d'adhérence entre leurs parties, a pour cauſe le défaut d'une ſemblable attraction entre les éléments qui les compoſent.

I°. Nous avons déja obſervé ailleurs, & nous ferons voir encore plus ſenſiblement dans la ſuite (1422), que l'*attraction générale*, l'attraction qui produit le grand phénomene de la peſanteur, ne peut produire dans les corps terreſtres aucun mouvement qui les faſſe tendre ſenſiblement les uns vers les autres, aucune adhérence qui s'oppoſe ſenſiblement à leur ſéparation; & que ſi l'attraction générale produit quelque effet infiniment petit de tendance ou d'adhéſion entre les corps terreſtres, cet effet a lieu dans les corps liquides, ainſi que dans les corps ſolides: donc la ſolidité des corps, qui eſt un effet très-ſenſible & très-marqué, un effet capable de vaincre ſouvent la plus grande force, un effet qu'on n'obſerve pas dans tous les corps, n'a point pour cauſe l'attraction générale

qui affecte indifféremment tous les corps, qui les presse tous également vers certains centres communs selon certaines loix ; mais qui, en vertu de ces mêmes loix, ne doit point les rendre adhérents les uns aux autres d'une maniere sensible.

II°. Nous venons d'observer que l'impulsion ou la pression d'une matiere quelconque, ne rend pas plus heureusement raison du grand phénomene de la solidité des corps. De quelle cause peut donc dépendre ce phénomene, si ce n'est de l'*attraction spéciale*, ou de la *loi d'affinité :* puisque tous les phénomenes de la nature paroissent avoir pour cause, ou la loi d'impulsion, ou la loi d'attraction générale, ou la loi d'affinité ?

PROPOSITION.

221. *Le phénomene de la solidité & de la fluidité des corps, paroît être une dépendance de la loi d'affinité.*

EXPLICATION. I°. Soit un corps dont les éléments soient analogues, dont les éléments aient des surfaces propres à acquérir un grand & intime contact : l'attraction spéciale entre ces éléments sera dans sa plus grande force (123); & l'effet de cette attraction sera une très-grande adhérence entre ces éléments, & par-là même, une grande dureté dans ce corps. Ce corps ne pourra être divisé que par une force supérieure à la somme de toutes les attractions qui produisent l'adhésion dans les éléments qu'on voudroit séparer. Ce corps sera un corps solide, un corps de la plus grande dureté.

II°. Soit un autre corps dont les éléments ne soient point analogues, ou dont les éléments ana-

logues & homogenes ne puiſſent ſe toucher que dans d'infiniment petites portions de leurs ſurfaces, tels que ſont des globules: l'attraction ſpéciale, qui ſeule peut opérer efficacement le phénomene de la dureté, n'aura point priſe ſur ces éléments, ſoit à raiſon du défaut d'affinité, ſoit à raiſon du défaut de contiguïté. Le corps compoſé d'éléments ſans affinité, ſans analogie, ſera liquide ou fluide: parce que ſes éléments n'ont point l'affinité requiſe pour s'attirer réciproquement & pour adhérer entr'eux avec une force ſenſible. Le corps compoſé d'éléments homogenes de figure ſphérique, ſera fluide ou liquide: parce que ſes éléments, quoiqu'analogues, ne ſe toucheront que dans une infiniment petite portion de leurs ſurfaces; & que le peu d'attraction qu'ils pourroient acquérir par la contiguïté de quelques points de leurs ſurfaces, ſera facilement détruite & anéantie par l'action de la matiere ignée, qui a un mouvement très-rapide & toujours permanent entre ces éléments contigus.

III°. Soit encore un corps compoſé ou d'éléments médiocrement analogues, ou d'éléments très-analogues, mais propres à ſe toucher par des ſurfaces médiocrement grandes: ce corps aura une dureté médiocre, qui tiendra une eſpece de milieu entre les corps les plus durs, tels que le diamant; & les corps privés de toute dureté, tels que l'air, l'eau, les huiles.

IV°. Soit enfin un liquide homogene, tel que l'eau, qui dans un grand froid ſoit pénétré d'une immenſe quantité de particules frigorifiques, voiturées par les vents & les frimats, propres à s'unir & à adhérer à ſes molécules. Les molé-

cules de ce liquide, par l'échappement du fluide igné qui ſe diſſipe, par leur union avec les particules frigorifiques qui s'inſinuent dans leurs vuides comme autant de petits coins, acquierent un contact plus grand & plus intime; donnent priſe à la loi d'affinité, qui ne manquoit ſon effet que faute d'une contiguïté ſuffiſante. Ce liquide ſe change donc en corps ſolide, en glace; juſqu'à ce que le fluide igné, rentrant en abondance dans cette glace, vienne expulſer à ſon tour ces corpuſcules frigorifiques, & rendre aux molécules du liquide, leurs vuides, leur déſunion, leur peu de contiguïté. (614.)

222. APPLICATION. Pour donner un nouveau jour à cette théorie, nous allons l'appliquer à divers phénomenes que nous préſente la nature, relativement à la ſolidité & à la fluidité des corps.

I°. Les colles ſervent à unir & à lier enſemble, ou des corps analogues qui manquent de contiguïté; ou des corps hétérogenes & ſans analogie, qui manquant d'affinité entr'eux, en ont réciproquement avec les colles. Interpoſées entre ces corps, les colles s'appliquent intimément à leurs concavités qu'elles empliſſent, & auxquelles elles adherent avec plus ou moins de force, ſelon le plus ou moins grand degré de leur affinité & de leur contiguïté. Les colles les plus fortes & les plus adhérentes, ſont communément celles qui ſont le moins acceſſibles à l'eau, à l'air, à la matiere ſubtile.

II°. Le feu rend fluides les métaux: parce que la matiere ignée, élancée en torrents d'une inconcevable vîteſſe dans l'intérieur de ces ſubſtances, en écarte les éléments avec une force

ſupérieure

ſupérieure à la force d'attraction ou d'affinité qui les uniſſoit & les rendoit adhérents entr'eux. L'action du feu ceſſe-t-elle ? la force d'affinité n'eſt plus détruite par une force oppoſée : elle produit donc de nouveau ſon effet, & les métaux redeviennent ſolides.

III°. Certains corps en poudre, tels que la farine & le gyp, acquierent de la conſiſtance, par leur mêlange avec l'eau : parce qu'en s'inſinuant dans leurs molécules, l'eau les dilate & leur donne un plus grand volume, qui facilite leur contact ; & que l'attraction de l'eau eſt d'ailleurs propre à ſervir de lien commun à toutes ces molécules déſunies, la plupart des corps retenant avec une très-grande force les dernieres parties de l'eau à laquelle ils ſont unis.

IV°. Les corps mous, tels que le mortier, la terre graſſe, le plâtre délayé dans l'eau, ſe durciſſent à l'air : parce que la partie aqueuſe, interpoſée entre la partie terreuſe, s'évapore ; & que les éléments du mortier, de la terre graſſe, du plâtre, ſe rapprochent & acquierent un plus grand & plus intime contact, à meſure que l'eau ſurabondante ſe retire & ſe diſſipe.

V°. Le fer ſe durcit ſur l'enclume & ſous les marteaux : parce que les ſecouſſes qu'il éprouve dans l'état d'incandeſcence où l'on le bat, forcent ſes parties homogenes & ductiles à s'unir plus immédiatement entr'elles, tandis que ſes parties hétérogenes jailliſſent en petites fuſées hors de ſon ſein.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

223. OBJECTION I. Dans l'hypotheſe même du vuide & des grands vuides de Newton, l'air

& la matiere ſubtile ſemblent ſuffire pour opérer la preſſion, d'où Deſcartes & Malebranche font dépendre la ſolidité des corps : donc la chûte du ſyſtême des tourbillons, ſyſtême aujourd'hui abandonné de preſque tous les phyſiciens, n'entraîne point la ruine de l'opinion de Deſcartes & de Malebranche ſur la ſolidité des corps.

RÉPONSE. L'air & la matiere ſubtile ſont deux agents dont l'action influe infiniment dans une foule de phénomenes, mais dont l'influence eſt nulle, ou comme nulle, dans le phénomene de la ſolidité des corps.

I°. Il eſt certain que l'air environnant preſſe par ſon reſſort toutes les parties d'un globe de marbre ou de bois vers le centre de ce globe. Mais l'expérience nous apprend que cette preſſion de l'air environnant n'influe qu'infiniment peu dans la dureté ou ſolidité des corps : puiſque les corps durs & ſolides conſervent ſenſiblement la même dureté, ou la même réſiſtance à leur diviſion, ſoit qu'on les diviſe en plein air, ſoit qu'on les diviſe dans le vuide opéré par le moyen de la machine pneumatique. Un fil de ſoie, un crin de cheval, qui n'ont que la force ſuffiſante pour ſoutenir un poids déterminé en plein air, ſoutiennent encore le même poids dans le vuide: donc ce fil de ſoie ou de chanvre, ce crin de cheval, ne doivent point leur ſolidité à la preſſion de l'air. On peut dire la même choſe de tous les autres corps ſolides. Un petit morceau de bois, par exemple, eſt ſenſiblement auſſi difficile à couper, à fendre, à diviſer d'une maniere quelconque, dans le vuide, qu'en plein air.

II°. Il eſt certain qu'il y a dans la nature une matiere ſubtile différente de celle de Deſcartes. Cette matiere ſubtile, dont l'exiſtence eſt démontrée, dont les effets ſe font ſentir dans une infinité de phénomenes, eſt un fluide compoſé de molécules d'une infinie petiteſſe, mu en divers ſens avec une vîteſſe inconcevable & toujours permanente, capable de s'inſinuer avec une étonnante facilité à travers les corps les plus denſes & les plus durs. Un tel fluide, loin de produire la dureté & la ſolidité dans les corps, paroît au contraire devoir lutter par ſon impulſion, contre l'adhérence des corps qu'elle pénetre, & qu'elle ne peut pénétrer ſans tendre à en écarter les parties. Ainſi, c'eſt l'attraction ou l'affinité des éléments qui produit l'adhérence de ces éléments dans les corps ſolides; & c'eſt la matiere ſubtile, qui tempere & qui diminue l'effet de cette force attractive, laquelle auroit un effet plus grand, ſans l'action oppoſée de la matiere ſubtile.

224. OBJECTION II. Dans l'hypotheſe que nous adoptons, les corps les plus denſes & les plus compacts devroient être les plus durs; puiſque ces corps ont plus d'éléments, moins de vuides, plus de contiguïté. Or l'expérience démontre le contraire : puiſque l'or, qui eſt le plus denſe de tous les corps, eſt beaucoup plus denſe & beaucoup moins dur que le diamant; & que ces deux corps paroiſſent d'ailleurs formés d'éléments très-homogenes, très-analogues, très-propres à s'attirer.

RÉPONSE. Dans les corps compoſés d'éléments analogues, la plus grande dureté réſulte du contact le plus grand & le plus immédiat.

Or il peut ſe faire aiſément qu'un corps très-poreux ait dans ſes éléments un contact plus grand & plus immédiat, qu'un autre corps moins poreux. La choſe dépend, comme nous allons l'expliquer, de l'arrangement des éléments & de la diſpoſition des pores.

I°. Soient pluſieurs plaques de marbre ou de métal, parfaitement polies dans leurs ſurfaces, mais percées d'un nombre conſidérable de grands trous, comme des cribles : enſorte qu'il y ait dans ces plaques beaucoup plus de vuide que de plein. Que l'on uniſſe enſemble ces plaques, de telle façon que toutes les ouvertures ſe répondent, & que les parties ſolides ſe touchent dans tous les points de leur ſurface. Voilà un corps qui ſera *très-poreux*, à cauſe du nombre & de la grandeur de ſes vuides ; qui ſera en même tems *très-dur*, à cauſe de l'union intime & parfaite qu'auront ſes parties ſolides.

II°. Soit maintenant un autre corps compoſé de plaques qui aient deux ou trois fois moins de vuides, mais dont les parties ſolides ſoient moins analogues, plus raboteuſes, moins propres à s'unir intimément dans leurs ſurfaces. Ce corps, quoique plus denſe & plus compact, ſera moins ſolide & moins dur que le précédent : parce que ſes éléments ſe touchant moins intimément & dans beaucoup moins de parties, ſont moins en priſe à la loi d'affinité. Il eſt donc faux que, dans l'hypotheſe que nous adoptons, les corps les plus denſes doivent être toujours les corps les plus durs.

Dans l'hypotheſe que nous adoptons, le diamant peut donc avoir une plus grande ſomme de pores que l'or, & être cependant beaucoup

plus dur que l'or. Que les élements ou les parties ſolides du diamant aient & une très-grande affinité, & une contiguïté parfaite dans leurs points de contact : les pores répandus de toute part à côté de ces parties ſolides, n'empêcheront pas la ſolidité de ce corps. Que les éléments ou les parties ſolides de l'or aient au contraire ou une affinité moins grande, ou une contiguïté moins intime & moins étendue dans leurs points de contact : les éléments de l'or, quoique plus condenſés, ſeront moins adhérents entre eux ; parce qu'ils ſeront moins en priſe à la loi d'attraction ſpéciale, dont l'effet dépend néceſſairement & de l'affinité & de la contiguïté des parties. (91.)

225. OBJECTION III. Il s'enſuivroit de notre hypotheſe, que quand un corps dur, par exemple un diamant, eſt diviſé en deux morceaux ; il ne faudroit qu'appliquer l'une contre l'autre les deux portions diviſées, pour leur rendre toute leur adhérence primitive : ce qui ne s'accorde point avec l'expérience.

RÉPONSE. I°. Il conſte, par l'expérience, que ſi on a deux plans de marbre ou de verre, parfaitement polis, & qu'on les applique intimément l'un contre l'autre en les faiſant gliſſer parallelement ſur leurs ſurfaces huilées ; ces plans s'attachent & adherent fortement l'un à l'autre ; de ſorte qu'il faudra une force conſidérable pour les ſéparer dans une direction perpendiculaire à leur plan : ce qu'on ne peut attribuer qu'à leur attraction réciproque ; puiſque cette adhéſion a lieu encore très-ſenſiblement dans le vuide, où la preſſion de l'air ceſſe d'agir, & où il ſeroit abſurde d'imaginer une preſſion occa-

ſionnée par une matiere ſubtile quelconque (219).

II°. Si on pouvoit diviſer en deux ſimples portions un diamant ou un morceau de marbre, & donner enſuite aux deux portions diviſées, la même union totale qu'elles avoient avant la diviſion ; ces deux portions reprendroient en plein leur adhérence primitive. Mais quand on diviſe un corps ſolide, l'effort de la diviſion fait jaillir en éclats une infinité de petites particules qui ſe diſſipent ; & quand on réunit les portions principales, les concavités ſans nombre dont ſe trouvent hériſſées les ſurfaces qu'on rapproche, les molécules de l'air & de la matiere ſubtile qui reſtent interpoſées entre les parties mêmes qui s'uniſſent, empêchent ces fragmens de reprendre la même étendue & la même intimité de contact qu'ils avoient avant la diviſion. Ces parties diviſées ne doivent donc pas avoir la même adhérence qu'auparavant.

III°. Quand on polit deux ſurfaces de marbre, ou de verre, ou d'acier, pour les appliquer le plus immédiatement qu'il eſt poſſible l'une contre l'autre ; les inſtrumens groſſiers dont on eſt obligé de ſe ſervir, laiſſent toujours dans les ſurfaces les plus unies, des concavités, des élévations, des rainures, des inégalités de toute eſpece, que l'œil apperçoit à l'aide d'un microſcope, & qui empêchent l'union intime que prennent naturellement ces corps dans leur cryſtalliſation naturelle ou artificielle. Delà l'adhérence incomparablement moindre de ces ſurfaces appliquées l'une à l'autre.

PARAGRAPHE TROISIEME.

L'ÉLASTICITÉ DES CORPS.

226. OBSERVATION. Il y a dans la nature, & des *corps élastiques*, & des *corps non élastiques*. Les premiers ont dans eux-mêmes comme un ressort, qui tend, quand on les infléchit ou qu'on les comprime, à les remettre dans leur état naturel. Les derniers manquent d'un semblable ressort ; & quand on les infléchit ou qu'on les comprime, ils conservent le dernier état qu'on leur a donné, sans faire aucun effort pour reprendre l'état primitif qu'on leur a fait perdre.

Si on laisse tomber sur un plan de marbre une boule d'argile humide, elle se comprime, & reste comprimée. Si on laisse tomber sur le même plan une boule d'ivoire, elle se comprime (205), & reprend à l'instant sa rondeur précédente. La premiere est un corps non élastique, ou sans ressort : la seconde est un corps élastique, ou à ressort.

227. DÉFINITION. On nomme donc *élasticité des corps*, cette vertu ou propriété qu'ont certains corps, de tendre à se remettre d'eux-mêmes dans leur état naturel, quand une force extérieure & étrangere cause quelque changement à cet état naturel.

Le grand phénomene de l'élasticité des corps est sûrement une dépendance des loix générales d'impulsion & d'attraction : mais il n'est pas facile d'expliquer le méchanisme & de faire sentir l'influence de ces loix générales dans ce phénomene.

En attendant que la physique puisse nous donner de plus grandes lumieres en ce genre, ce qui n'arrivera peut-être jamais, voici notre idée & notre opinion sur la cause de l'élasticité.

PROPOSITION.

228. *L'élasticité des corps paroît avoir pour cause, & l'adhérence assez grande de leurs éléments entre eux, & l'action de certains fluides interceptés dans leurs pores.*

EXPLICATION. Il est sûr qu'il existe une affinité entre certains éléments, laquelle produit leur adhérence plus ou moins grande, adhérence sans laquelle il n'y a point d'élasticité. Il est sûr qu'il existe une matiere subtile, toujours en mouvement, & destinée à réparer & à entretenir l'action de la nature. De cette double cause découle assez naturellement le phénomene de l'élasticité, dont voici la théorie générale.

I°. Les corps se forment dans la nature, au milieu de l'action même de la nature : de sorte que la matiere ignée, la matiere électrique, la matiere magnétique, fluides toujours répandus & toujours en action autour des corps, se font & se conservent par-tout des passages analogues à leurs molécules, à travers les divers mixtes qui naissent & qui se développent.

II°. Les éléments qui forment les plantes, les pierres, les métaux, & autres corps solides, adherent les uns aux autres, selon leur plus ou moins grand degré d'affinité & de contact (221): delà leur dureté, qui doit, comme nous l'expliquerons bientôt, contribuer à leur élasticité.

III°. Les fluides qui enfilent & pénetrent en

liberté ces mixtes dans leur état naturel, cesseroient de les enfiler & de les pénétrer avec la même liberté, si les sentiers analogues à leurs molécules, qu'ils se sont formés dans l'intérieur de ces mixtes, étoient rétrécis par un côté & aggrandis par l'autre. Delà naîtroit un obstacle au courant de ces fluides, & une impulsion contre les parties qui s'opposeroient à leur libre passage.

IV°. Il peut se faire aisément que des portions de ces divers fluides, qui s'insinuent dans les mixtes pendant leur formation & pendant leur accroissement, restent emprisonnées dans des pores enveloppés de toute part de molécules impénétrables. Dans ce cas, ces fluides, dont la nature est d'être toujours en action & en mouvement, se mouvront dans ces especes de prisons, d'où ils ne peuvent s'échapper, d'un mouvement circulaire ou approchant du circulaire, selon la forme des concavités où ils sont retenus & captivés.

Application de cette théorie.

229. APPLICATION I. Soit une branche verte d'osier, corps très-élastique, & que je suppose formé en ligne droite A C B. (*fig.* 7.)

Cette branche prend & conserve comme d'elle-même sa direction naturelle, en ligne droite : parce que les molécules qui la composent, arrangées selon l'exigence & la convenance de leur affinité, ont pris naturellement cette figure ; & que, selon l'axiome physique & politique, les choses se conservent par les mêmes principes & selon les mêmes loix qui les font naître.

Mais cette branche vient-elle à être courbée en arc ou en demi-cercle *a* C *b* ? Il est clair qu'elle ne peut prendre cette figure, sans que dans la partie extérieure de la courbure, les molécules s'écartent & les pores s'agrandissent; sans que dans la partie intérieure de la courbure, les molécules se rapprochent & les pores se rétrécissent. Cette branche ainsi courbée a des pores paralleles à sa longueur, & des pores paralleles aux diametres de son épaisseur. Les pores paralleles à sa longueur, se courbent en arc : les pores paralleles à son épaisseur, se forment en cône ou en entonnoir. De tout cela, résulte & doit physiquement résulter l'élasticité de cette branche; comme nous allons le faire voir.

230. EXPLICATION. I°. Dans la partie extérieure de la courbure, les molécules, auparavant contiguës, ont nécessairement acquis un petit écartement, ont nécessairement perdu un peu de leur contiguïté naturelle. L'attraction réciproque de ces molécules, qui subsiste toujours, & qui n'a pas son plein effet, tend donc sans cesse à rapprocher les molécules un peu écartées, & à leur rendre le même contact immédiat qu'elles avoient naturellement : ce qui ne peut avoir lieu, sans que cette branche tende, par l'effort général de toutes ses parties intégrantes, à reprendre sa figure primitive.

II°. Dans la partie intérieure de la courbure, les molécules contiguës, qui s'étoient naturellement arrangées dans leur formation selon leur plus grande convenance, selon leur plus haut degré d'analogie & d'affinité réciproque, se dérangent un peu par la compression; prennent

des points de contaſt ſouvent moins analogues & moins ſimpatiſants ; compriment d'ailleurs des fluides qui, reſſerrés dans des eſpaces plus étroits, heurtent avec plus de force contre les obſtacles par leſquels ils ſont captivés : ce qui ne peut avoir lieu, ſans que toutes les parties de cette branche tendent à ſe remettre dans leur état naturel.

III°. Les fluides environnants, qui enfilent les pores de cette baguette dans ſa longueur, tendent à ſe mouvoir, comme tous les corps, en ligne droite : ils tendent donc, par leur impulſion, à donner à cette branche la direſtion en ligne droite. Les fluides environnants qui enfilent les pores de cette branche parallelement aux diametres de ſon épaiſſeur, trouvant des pores plus ouverts par un côté que par l'autre, ſe précipitent plus abondamment par les plus grandes ouvertures ; & tendent, par leur impulſion, à s'ouvrir d'une ſurface à l'autre, des pores d'égale grandeur : ce qui ne peut s'effeſtuer, ſans que la branche ſoit ſollicitée à reprendre la figure & la direſtion qu'elle a perdue.

Il eſt clair que de tout cela doit méchaniquement réſulter l'élaſticité de cette branche, ou l'effort qu'elle fait pour reprendre ſa figure primitive, quand une force extérieure lui fait prendre une figure différente. Il ſera facile d'appliquer le même méchaniſme à tous les corps élaſtiques que forme la nature. Ainſi l'explication détaillée que nous venons de fixer à cette branche d'oſier, devient une théorie générale en ce genre.

IV°. Si cette branche étoit naturellement courbée en arc, on ne pourroit la redreſſer, ſans occa-

ſionner à toutes ſes parties un dérangement ſemblable à celui qu'occaſionne la courbure à une branche naturellement droite : ainſi cette branche naturellement courbée tendroit à reprendre ſa courbure.

231. APPLICATION II. Si, au lieu d'une branche d'oſier, on courbe en arc une baguette de fer non trempé, il n'y aura point d'élaſticité : parce que le fer étant ductile, ſes molécules ne prennent point le petit écartement néceſſaire pour donner lieu à leur attraction réciproque de déployer & de faire ſentir ſa force. A meſure que deux molécules ſe ſéparent & s'écartent dans la courbure ſupérieure, ces deux molécules ductiles laiſſent une portion d'elles-mêmes dans l'intervalle qui ſépare leurs extrêmités, & il n'y a point de défaut de contiguïté. De même, à meſure que deux molécules ſe rapprochent par la compreſſion dans la courbure inférieure, des portions de ces molécules ductiles s'écartent & prennent la même affinité avec les autres molécules qu'elles vont toucher. D'ailleurs, la ductilité du métal fait que cette matiere, de quelque maniere qu'on la tourne ou qu'on l'infléchiſſe, prend toujours le même arrangement de parties, à peu près la même diſpoſition de pores, que lui a donné ſa cryſtalliſation naturelle ou artificielle.

On voit donc qu'il faut néceſſairement un certain degré de rigidité & un défaut de ductilité dans les corps, pour que l'élaſticité s'y déploie avec un degré de force ſenſible. La trempe, comme nous l'expliquerons bientôt, fait perdre au fer ſa ductilité, donne une adhérence & une rigidité à ſes parties qui deviennent caſſantes ; & par là, le fer devient élaſtique & très-élaſtique.

On peut encore obſerver ici, que quoique l'action des fluides influe dans l'élaſticité, l'élaſticité a cependant pour principale cauſe l'attraction ou l'affinité des parties entre elles, qui s'oppoſe à leur écartement & à leur déplacement.

232. APPLICATION III. Un fleuret, composé d'un fer qu'on a battu ſur l'enclume pour le purger de ſes particules hétérogenes, & qu'on a plongé enſuite tout rouge de feu dans un mêlange d'eau froide & d'autres ſubſtances pour lui donner la trempe, a une très-grande élaſticité : parce que la trempe lui a fait perdre ſa ductilité ; a augmenté l'attraction & l'adhérence de ſes parties, leſquelles ne peuvent plus s'écarter, ſans ſe diviſer totalement, ou ſans tendre fortement à ſe remettre dans le même état que leur a donné la *trempe*. Le froid du liquide où l'on plonge le fer purifié dans l'état d'incandeſcence, reſſerre & condenſe ſes parties, diminue l'ouverture de ſes pores, empêche l'échappement de certains fluides tourbillonnants dans ſes concavités, donne à toutes ſes molécules une adhérence & une rigidité qui les fait tendre à ſe rejoindre & à ſe remettre dans leur premier état, quand elles ſouffrent le moindre écartement, le moindre dérangement. D'ailleurs, dans cet état de trempe, le même méchaniſme des fluides a lieu pour une baguette d'acier trempé, comme pour la branche d'oſier dont nous avons parlé plus haut. (230.)

Delà l'*action des reſſorts* qui meuvent les montres & les pendules. La trempe leur fait prendre une poſition & une adhérence de parties, qu'on dérange & qu'on violente en les pliant ſpiralement ſur eux-mêmes. Leurs molécules,

dans cette inflexion, s'écartant chacune de sa position naturelle d'une infiniment petite quantité, conservent encore assez de contiguïté ou de proximité, pour que leur force attractive tende efficacement à faire franchir à toutes ces parties l'infiniment petit intervalle qui les sépare : delà la force avec laquelle le ressort se détend.

Si ce ressort vient à se casser, il n'y a plus d'attraction, & par-là même plus d'adhérence, entre les parties séparées : parce qu'en les rejoignant, on ne leur donne pas suffisamment la contiguïté de parties que requiert la loi d'attraction spéciale. (90.)

Quand un ressort reste pendant un très-long tems excessivement tendu sans relâche, il perd son action en tout ou en partie : parce que les fluides qui le pénetrent sans cesse, s'ouvrent à la fin dans son sein des passages libres ; & que la matiere dont ils sont composés, reprend à la longue, dans cet état violent & toujours soutenu, assez de ductilité pour combler les petits intervalles que la tension a formés.

233. APPLICATION IV. Un fleuret & un ressort de montre perdent leur elasticité, quand on les fait rougir au feu ; parce l'action du feu dissipe & consume les substances que la trempe avoit insinuées dans leurs molécules, & qui, détruisant la ductilité de ces molécules, les mettoient en état de ne pouvoir s'écarter chacune infiniment peu de sa position, sans tendre avec une très-grande force à reprendre cette position primitive. La matiere de ce fleuret & de ce ressort, redevenue ductile, n'a plus la rigidité de parties nécessaire à l'élasticité.

234. APPLICATION V. Il n'y a point d'élas-

ticité dans les corps qui ont ou une excessive rigidité, ou un défaut total d'adhérence, dans leurs parties intégrantes.

I°. Un corps parfaitement dur, un corps dont les parties intégrantes ne seroient susceptibles d'aucun écartement, tel que les globules du second élément de Descartes, n'auroit aucune élasticité : parce qu'un tel corps, à raison de son infinie dureté, ne pourroit souffrir aucun écartement dans ses molécules. On voit par là, que la dureté ou l'adhérence des parties, qui est une condition nécessaire pour que l'élasticité ait lieu, empêche l'élasticité, quand elle est portée trop loin.

II°. Un corps sans aucune adhérence, tel que l'eau, le vin, tous les liquides, n'a aucune élasticité; parce que les molécules d'un tel corps, s'écartent sans effort, & sans tendre à se réunir. L'espace que laissent entre elles deux molécules qui se séparent, est à l'instant occupé par d'autres molécules qui ont une égale affinité avec les molécules séparées : l'attraction réciproque des parties, dans un tel corps, a donc toujours son plein effet, & n'est jamais dans un état violent.

En général, tout corps incompressible est sans élasticité : parce que tout corps incompressible ne souffre aucun changement, ni dans ses parties intégrantes, ni dans ses pores. Un tel corps ne peut donc pas avoir une tendance à reprendre un état primitif qu'il ne peut perdre; à satisfaire une attraction, qui a toujours son plein effet & que rien n'altere.

235. APPLICATION VI. Les métaux, dans leur état naturel, ont très-peu d'élasticité; le marbre & l'ivoire en ont beaucoup.

I°. Les métaux ont peu d'élasticité ; parce que leurs parties intégrantes, étant ductiles, s'écartent dans l'inflexion & dans la compression, sans laisser entre les parties écartées, d'infiniment petites séparations, nécessaires pour donner lieu à l'attraction de se déployer & de se manifester par un rétablissement de situation & de figure dans le corps infléchi ou comprimé (231). Les parties intégrantes des métaux, sont à cet égard en quelque sorte comme les parties intégrantes des liquides : à mesure que deux molécules s'écartent, d'autres molécules s'unissent à elles ; & leur attraction reste toujours saturée & satisfaite. Les métaux n'ont d'élasticité, qu'autant qu'ils ont un peu de rigidité dans leurs parties intégrantes.

II°. Le marbre & l'ivoire ont beaucoup d'élasticité ; parce que leurs parties intégrantes ont une affinité & une rigidité, qui les rendent très-propres & à perdre & à reprendre l'arrangement que leur a donné leur crystallisation naturelle. Une boule de marbre ou d'ivoire vient-elle à tomber d'assez haut sur un plan solide ? le choc imprime un ébranlement général à toutes ses parties. Toutes ses parties tendent d'abord, en vertu du choc, à s'écarter, & s'écartent en effet un peu les unes des autres : car la boule prend une figure ellipsoïdale, applatie aux deux extrêmités du diametre qui aboutit au point de contact, renflée dans la zone également éloignée des deux extrêmités de ce diametre. Mais comme toutes ces parties ne se sont chacune écartées qu'infiniment peu, sans quoi il y auroit fracture & séparation dans ce corps ; en vertu de leur affinité réciproque, elles

tendent

dent efficacement chacune à franchir l'infiniment petit intervalle qui les ſépare, à reprendre les mêmes points de contact qu'elles avoient avant la compreſſion, à ſe remettre préciſément chacune dans leur état primitif.

236. APPLICATION VII. L'air & la lumiere ſont élaſtiques : parce que les molécules qui forment chaque infiniment petit balon d'air ou de lumiere, ont une attraction ou une affinité entre elles, qui leur donne une adhérence. La compreſſion de ces parties intégrantes de l'air & de la lumiere, fait prendre aux molécules qui les compoſent, un état de contact moins intime & moins favorable que celui qu'elles ont naturellement ; & leur affinité ou leur attraction mutuelle tend avec effort à leur faire reprendre cet état naturel & primitif, par le même méchaniſme que nous avons développé & dans la branche d'oſier & dans la boule d'ivoire.

237. REMARQUE I. De tous les corps ſoumis à nos obſervations, les plus parfaitement élaſtiques ſont l'air & la lumiere. L'air comprimé reprend toujours ſenſiblement, quand la force comprimante ceſſe d'agir ſur lui, le même volume ou la même expanſion que la compreſſion lui avoit fait perdre. La lumiere, dardée ſur un plan impénétrable à ſes rayons, rejaillit ſous ſous un angle de réflexion toujours égal à l'angle d'incidence : ce qui ſuppoſe dans la lumiere une élaſticité ſenſiblement parfaite.

Parmi les autres corps élaſtiques, nous n'en connoiſſons aucun dont l'élaſticité ſoit parfaite. Une boule de marbre ou d'ivoire ſeroit parfaitement élaſtique, ſi en tombant perpendiculairement dans le vuide, ſur un plan de même

matiere, d'une hauteur quelconque, elle remontoit précisément à la même hauteur d'où elle est tombée, en reprenant parfaitement la même figure qu'elle avoit avant la chûte. Mais ni le marbre, ni l'ivoire, ni l'acier trempé, ni aucun autre corps solide, ne nous présente ce double phénomene dans toute sa perfection. Aucun globe solide ne s'éleve à la même hauteur d'où il est tombé. Aucun globe solide ne reprend parfaitement la sphéricité qu'il a perdue dans le choc; & si on l'examine attentivement, on observera qu'il lui reste un très-petit applatissement vers le centre du cercle qui a éprouvé la compression & le contact sur le plan.

On peut évaluer par là à peu près, le plus & le moins d'élasticité qui se trouve dans les divers corps élastiques. Les globes les plus élastiques sont ceux qui en tombant perpendiculairement d'une hauteur déterminée, sur un plan de même matiere, rejaillissent à une plus grande hauteur, & perdent le moins de leur sphéricité.

238. REMARQUE II. L'élasticité est mise en jeu dans les corps en deux manieres, ou *par voie de pression*, ou *par voie de tension*. Une éponge, une paume, quand on les comprime dans la main, deviennent élastiques par voie de pression. Les cordes de boyau deviennent élastiques sur les instruments, par voie de tension; & quand elles se cassent, chaque partie revient sur elle-même avec violence: parce que toutes les molécules écartées & séparées par la tension, tendent par leur attraction réciproque à se rapprocher les unes des autres, avec un mouvement qui les fait rétrograder vers les points fixes. Quand on courbe un arc ou un fleuret, il y a tension

& pression; tension dans la partie extérieure, pression dans la partie intérieure de la courbure.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

239. OBJECTION I. Si l'attraction spéciale influe comme cause dans le phénomene de l'élasticité, pourquoi ne pas lui donner tout l'honneur de cet effet? Pourquoi lui associer l'action d'une matiere subtile, dont elle n'a pas besoin? Pourquoi admettre deux causes, où une seule est suffisante? D'ailleurs, comment la matiere subtile, qui s'insinue avec tant de facilité dans les corps, peut-elle rencontrer des obstacles qui occasionnent son impulsion contre ces corps, ou qui l'emprisonnent dans les concavités de ces corps? Comment la matiere subtile, qui est d'une ténuité comme infiniment petite, peut-elle produire dans ces corps un effet aussi puissant que celui de leur élasticité?

RÉPONSE. Dans la physique, le nombre des causes ne dépend pas du caprice du physicien qui en observe l'influence. Nous admettons une double cause pour expliquer le phénomene de l'élasticité; parce que ces deux causes paroissent concourir ensemble dans la production de ce phénomene. L'attraction est la principale cause de l'élasticité; mais rien ne prouve que ce soit la seule, & qu'il en faille exclure l'action des fluides.

I°. On peut considérer la matiere subtile, comme formant des torrents plus ou moins denses; & les pores des corps comprimés, comme formant des canaux en entonnoir. Dans cette idée si simple & si naturelle, il est facile de

concevoir comment un torrent d'une matiere infiniment rapide, heurtant contre le grand orifice des pores, doit rencontrer des obſtacles dans ſon paſſage à travers ces corps, & imprimer une impulſion aux parties ſolides & impénétrables qu'elle heurte.

II°. Quelque inconcevable petiteſſe qu'on ſuppoſe à la matiere ſubtile, ſes molécules ont une maſſe déterminée, laquelle peut être captivée & empriſonnée dans des concavités dont les pores ſeroient moins grands que ces molécules. On peut donc, ſans heurter la vraiſemblance, ſuppoſer des fluides retenus & tourbillonnants dans l'intérieur des corps.

III°. La force des hommes & des animaux, n'eſt-elle pas très-vraiſemblablement l'effet des eſprits animaux, qui ne ſont autre choſe qu'une matiere très-ſubtile, lancée en inviſibles torrents dans les nerfs & dans les muſcles, qui la captivent & qui dirigent ſa marche (*Met.* 547, 558)? Il n'eſt donc point improbable, qu'une matiere ſubtile, malgré ſon inconcevable ténuité, produiſe des effets ſenſibles dans les corps.

IV°. Mais les effets de l'élaſticité n'ont ni pour cauſe unique, ni pour cauſe principale, l'action de la matiere ſubtile. Ces effets dépendent principalement de la force d'attraction ou d'affinité; comme nous l'avons déja obſervé. Ce ſeroit donc exagérer l'action de la matiere ſubtile, que de lui attribuer tout l'effet de l'élaſticité.

240. OBJECTION II. L'air a une élaſticité parfaite : l'air devra-t-il cette élaſticité à l'adhérence de ſes parties & à l'action des fluides qui heurtent ſes pores ou qui tourbillonnent dans ſes pores? La lumiere eſt élaſtique & parfaite-

ment élaſtique : admettra-t-on encore & une adhérence de parties & un choc de fluides dans la lumiere, qui paroît être un aſſemblage d'éléments infiniment petits, infiniment ſimples?

RÉPONSE. I°. Pourquoi la maſſe élaſtique de l'air devroit-elle ſon élaſticité à une cauſe différente de celle qui produit ce phénomene dans le reſte de la nature? Comme la figure des petites maſſes aériennes échappe néceſſairement à toutes les obſervations de la phyſique, on ſe repréſente communément cet élément ſous l'image d'une infinité de petits filaments de peu de longueur & d'une épaiſſeur très-petite, ou ſous l'image d'une infinité de petits reſſorts infléchis, aſſez ſemblables à ceux qui meuvent les montres. Pourquoi les molécules qui forment ou ces petits filaments ou ces petits reſſorts aériens, ne pourroient-elles pas avoir une adhérence réſultante de leur affinité reciproque? Pourquoi ces filaments ou ces reſſorts aëriens ne pourroient-ils pas être en priſe à l'action d'une matiere plus ſubtile, capable de contribuer par ſon impulſion ou par ſon expanſion à leur faire reprendre la figure naturelle que la preſſion leur auroit fait perdre?

Les filaments de l'air, de la laine, du crin, de l'éponge, doivent être conſidérés, relativement à leur élaſticité, comme tout autant de petites baguettes flexibles, ſemblables en petit à la branche d'oſier dont nous avons expliqué le méchaniſme élaſtique. (230.)

II°. Il conſte par les belles expériences de Newton ſur la lumiere, que le plus petit balon lumineux qu'on puiſſe obſerver, eſt toujours compoſé de ſept eſpeces différentes de molé-

cules, source des sept couleurs primitives (866). Donc, tout rayon ou balon de lumiere est composé de plusieurs molécules qui peuvent avoir & qui ont réellement une adhérence entre elles. Pourquoi ces molécules, qui forment un rayon ou un balon de lumiere, ne pourroient-elles pas avoir entre elles une affinité, une attraction, semblable à celle qu'ont les autres corps élastiques?

Quoique nous ne puissions pas observer en elles-mêmes les infiniment petites masses de la lumiere, on peut leur supposer avec assez de vraisemblance, une figure sphérique : dans cette supposition, le méchanisme qui produit & qui met en jeu l'élasticité dans la lumiere, revient au même méchanisme qui produit & qui met en jeu l'élasticité dans une boule d'ivoire ou de marbre. (235.)

PARAGRAPHE QUATRIEME.

LA GRAVITÉ DES CORPS.

241. OBSERVATION. La *cause de la gravité*, les *phénomenes de la gravité*, tel est le double objet que présente naturellement cette question. Mais la nature des choses & l'enchaînement des matieres exigent que nous fassions ici abstraction de la cause de la gravité, pour nous borner à en établir l'existence, à en observer les surprenants phénomenes. Nous ferons voir ailleurs (1440), que *la gravité des corps est une dépendance de la loi générale d'attraction ;* ou que la gravité des corps a pour cause leur attraction réciproque, qui les fait tendre persévéramment vers certains centres communs.

242. DÉFINITION. On nomme *gravité*, ou *pesanteur*, ou *force accélératrice*, dans les corps, la force qui les fait tendre vers certains centres. Par exemple, tous les corps terrestres tendent vers le centre de la terre, avec une force qui est leur pesanteur : toutes les planetes, toutes les cometes tendent vers le centre du soleil, avec une force qui est leur pesanteur. Nous ne parlerons ici que de la pesanteur des corps terrestres, ou de la force qui les sollicite persévéramment à s'approcher du centre de la terre, & en vertu de laquelle ils s'en approchent sans cesse, quand aucun obstacle insurmontable ne s'oppose à leur mouvement.

Aristote avoit divisé les corps, en corps légers & en corps pesants : ceux-ci tendoient naturellement à s'approcher du centre de la terre; ceux-là tendoient naturellement à s'en éloigner. Aristote se trompa; & l'expérience a démontré qu'il n'y a point de corps légers par leur nature, ou que tous les corps ont une pesanteur réelle.

Nous supposerons dans cette question, que l'on connoît, du moins en gros, & le méchanisme de la machine pneumatique, & l'estimation des forces motrices; objets qui seront pleinement développés dans les traités suivants. (696,268.)

PHÉNOMENE I.

243. *Les corps qu'on regarde comme légers, ont une pesanteur réelle, ou une tendance naturelle vers le centre de la terre.*

DÉMONSTRATION. L'expérience nous apprend que la fumée, les vapeurs, la flamme, que le vulgaire regarde comme des corps légers, ont

une pesanteur naturelle ; qui les fait tendre vers le centre de la terre, quand une force étrangere ne les emporte pas dans un sens opposé. Pour le démontrer,

I°. Sous la cloche d'une machine pneumatique, placez un bout de chandelle éteinte & fumante : la fumée, plus légere que l'air, monte & se répand dans toute la cloche de verre. Pompez l'air : la fumée, livrée à elle-même, descend & se précipite sur la plaque & dans la pompe de cuivre. Donc, cette fumée a une pesanteur propre, qui la sollicite à descendre, quand l'air pompé cesse de l'élever. On voit arriver la même chose, si on fait brûler du sucre, ou de l'encens, ou tel autre corps qui s'exhale en vapeurs visibles, sous le même récipient.

II°. Si au lieu d'une chandelle éteinte & fumante, on met une chandelle allumée sous la cloche de verre ; la flamme, moins pesante que l'air, monte & s'éleve perpendiculairement. Mais que l'on pompe l'air : la flamme, livrée à elle-même, descend & se précipite vers la plaque de cuivre ; preuve évidente qu'elle à une gravité ou une pesanteur propre, qui la sollicite à tendre naturellement vers le centre de la terre, quand l'air cesse de l'en éloigner par son excès de pesanteur. C. Q. F. D.

244. REMARQUE. C'est une loi générale pour tous les liquides & pour tous les fluides, que les plus pesants prennent le dessous, & les moins pesants le dessus. Quoique l'huile & l'eau soient des corps pesants, si on acheve d'emplir d'eau un vase à demi empli d'huile ; l'eau, par son excès de pesanteur sur l'huile, ira se placer au fond du vase, & forcera l'huile à monter dans

la partie ſupérieure du même vaſe. Que l'on ſoutire l'eau : l'huile, par ſa peſanteur naturelle, quittera le haut du vaſe & ſe précipitera au fond. C'eſt l'image du phénomene que nous venons d'expoſer. L'air eſt un corps peſant ; & nous démontrerons ailleurs (687) par des expériences ſenſibles & déciſives, ſa peſanteur propre. L'air étant plus peſant que la flamme, que la fumée, que certaines vapeurs ; il force ces fluides, malgré leur peſanteur propre, à s'élever & à prendre le haut. Vient-on à pomper & à ſoutirer l'air ? la flamme, la fumée, les vapeurs, tombent par leur propre poids au fond de la machine, comme l'huile au fond du vaſe.

PHÉNOMENE II.

245. *Quand rien ne s'oppoſe à leur chûte, tous les corps, placés à égale diſtance du centre de la terre, tombent avec une égale vîteſſe : d'où il s'enſuit que la force accélératrice qui ſollicite les corps à deſcendre, eſt la même dans tous les corps, quand leur diſtance au centre de la terre eſt égale.* (fig. 11.)

DÉMONSTRATION. Soit un très-long tube de verre A B, dont on ait exactement pompé l'air, & dans lequel on ait mis auparavant une petite maſſe de plomb, une petite maſſe de liége, un petit brin de duvet, ou tels autres petits corps qu'on voudra. Le petit cylindre R, qui porte la petite plaque D, eſt ajuſté au tube, de telle façon qu'il peut tourner ſur lui-même & mouvoir la plaque deſtinée à ſoutenir & à laiſſer tomber les corps, ſans donner paſſage à l'air extérieur.

Si on fait tomber perpendiculairement ces

différents corps, enſorte qu'ils partent tous au même inſtant de la plaque qui les ſoutient; on les voit parcourir enſemble & avec une même vîteſſe l'eſpace DB, & arriver tous au même inſtant en B, malgré la différence de leur nature & de leur denſité. Donc ces corps, donc tels autres corps qu'on voudra mettre à leur place, quoique d'inégale denſité, quoique de différente nature, ont tous une même force accélératrice, qui les emporte ou qui tend à les emporter avec une égale vîteſſe vers le centre de la terre. C. Q. F. D.

246. COROLLAIRE. *La peſanteur & le poids ne ſont point deux termes ſynonymes : la peſanteur eſt la même dans tous les corps également éloignés du centre de la terre ; le poids de ces corps eſt proportionnel à leurs maſſes.*

EXPLICATION. I°. *La peſanteur d'un corps*, eſt la force active qui le fait tendre vers le centre de la terre ; quel que ſoit le nombre de ſes parties. Cette force eſt la même pour tous les corps : puiſqu'elle occaſionne une chûte également rapide & dans ſon commencement & dans ſes progrès, à tous les corps également éloignés du centre de la terre ; quelles que ſoient leur denſité & leur maſſe.

II°. Le *poids d'un corps*, eſt la ſomme des parties qui ſe meuvent ou tendent à ſe mouvoir en vertu de leur peſanteur propre. Dans les graves, la peſanteur doit être regardée comme cauſe ; & le poids, comme effet de cette cauſe. Un globe de plomb d'une livre, a ſeize fois plus de poids, qu'un globe de plomb d'une once ; mais il n'a pas plus de peſanteur : parce que la force active

qui ſollicite les parties du premier à deſcendre, eſt préciſément la même qui ſollicite à deſcendre les parties du ſecond.

On penſoit autrefois que la peſanteur & le poids étoient une même choſe; qu'un corps, composé de quatre parties, tendoit & devoit tendre davantage au terme de la peſanteur, qu'un corps qui n'en auroit qu'une ou deux; que la peſanteur étoit & devoit être proportionnée aux maſſes. Galilée confronta cette opinion avec l'expérience, & trouva que dans la chûte des corps, la différence des vîteſſes ne répondoit pas à la différence des maſſes. Il prit donc une autre idée de la peſanteur; & au lieu de penſer, comme on avoit fait juſqu'alors, qu'il y avoit plus de peſanteur dans le plomb que dans le liége, par exemple, il imagina que cette force étoit égale dans ces deux corps, qu'elle leur imprimoit une égale tendance vers le centre de la terre; & que la différence de leurs vîteſſes dans leur chûte en plein air, ne venoit que de la réſiſtence du milieu où ils ſe mouvoient, laquelle détruiſoit une plus grande quantité de cette force active & accélératrice, ou plutôt de ſon effet, dans le liége que dans le plomb. L'expérience a démontré que l'idée de Galilée ſur la peſanteur, étoit juſte & conforme à la nature des choſes.

247. REMARQUE I. On doit conſidérer dans la peſanteur, ainſi que dans toute autre force, la direction qu'elle ſuit, la vîteſſe qu'elle imprime, la quantité de matiere qu'elle meut.

I°. La *direction que ſuit la peſanteur*, eſt toujours perpendiculaire à l'horiſon du point terreſtre vers lequel elle eſt dirigée. Car il conſte

par une infinité d'obſervations faites avec le plus grand ſoin dans toutes les contrées de la terre, que *la ligne de gravitation des corps terreſtres, eſt toujours & par-tout perpendiculaire à l'horiſon du point quelconque de la ſurface terreſtre qu'elle atteint*; & que ſi la terre eſt une ſphere, cette ligne de gravitation eſt perpendiculaire à la tangente du point qu'atteint un grave quelconque en tombant librement en vertu de ſa ſeule peſanteur. On ſait ce qu'il faut entendre par l'horiſon vrai & apparent d'un point de la ſurface terreſtre, laquelle a une infinité d'horiſons différents, que font connoître & la ligne d'à plomb, & la ligne de niveau. (*Math.* 531.)

II°. La *vîteſſe qu'imprime la peſanteur*, quand rien ne détruit ſon effet, eſt la même dans tous les corps également éloignés du centre de la terre. Mais cette vîteſſe imprimée aux corps par la peſanteur, varie à meſure que les corps ſont notablement plus près ou plus loin du centre de la terre; comme nous le démontrerons bientôt.

III°. La *quantité de matiere que meut la peſanteur* avec une égale vîteſſe, produit dans ces corps, la différence des poids, la différence des percuſſions, la différence des forces motrices. Une balle de plomb dans le vuide, produit une percuſſion plus forte, qu'une balle de liége d'égal volume : parce que dans la balle de plomb il y a une beaucoup plus grande quantité de matiere mue par la peſanteur, que dans la balle de liége.

248. REMARQUE II. Il conſte par les différentes obſervations que l'on a faites avec la plus ſcrupuleuſe exactitude, en France, en Angleterre, en Italie, en Allemagne, que *les corps*

dans le vuide parcoûrent dans la premiere seconde de leur chûte perpendiculaire, environ 15 pieds de France, qui font environ 16 pieds d'Angleterre. Ce qu'ils parcourent de moins dans leur chûte en plein air, doit être attribué à la résistance de l'air; résistance qui occasionne une plus grande diminution de vîtesse dans les corps moins denses, une plus petite diminution de vîtesse dans les corps plus denses.

249. REMARQUE III. M. Desaguillers, profitant de la grande élévation du dôme de saint Paul à Londres, fit sur la chûte des corps en plein air, en présence de MM. Newton & Halley, les plus belles expériences que nous ayons en ce genre. D'une hauteur de 272 pieds d'Angleterre, il fit tomber plusieurs corps de différents poids & de différents volumes; & on observa entre autres choses,

I°. Qu'une boule de plomb, d'environ deux pouces de diametre, tomboit de cette hauteur de 272 pieds, dans quatre secondes & un quart. Le texte des transactions porte quatre secondes & demie: mais il en faut ôter un quart, comme le remarque M. l'abbé Nollet; parce que l'on comptoit l'instant de la chûte par le coup que l'on entendoit d'un lieu élevé de 272 pieds, & que le bruit ou le son emploie un quart de seconde pour faire ce trajet (760). Cette boule auroit parcouru dans le vuide, pendant ce même tems de chûte, un espace de 289 pieds d'Angleterre, dont il s'agit ici: la résistance de l'air lui occasionna donc un ralentissement de vîtesse égal à 17 pieds.

II°. Que deux boules hétérogenes, d'environ cinq pouces & demi de diametre, & qui pe-

ſoient l'une 2610 grains, l'autre 137 & demi, employoient des tems fort différents à tomber de toute cette hauteur. Car la plus peſante acheva ſa chûte en ſix ſecondes & demie; la chûte de l'autre dura près de 19 ſecondes. La réſiſtance de l'air occaſionne donc un plus grand retardement aux corps moins denſes & moins peſants; un plus petit retardement, aux corps plus denſes & plus peſants.

250. REMARQUE IV. Une livre d'eau & une livre de plomb produiroient une égale percuſſion dans le vuide, ſi tout étoit égal d'ailleurs dans ces deux corps: puiſqu'ils auroient & même maſſe & même vîteſſe, qui donnent un même produit de force motrice. Cependant tel corps fragile, qui ſera caſſé dans le vuide par la chûte d'une livre de plomb, ne ſera pas caſſé par la chûte d'une livre d'eau. La raiſon en eſt, que le plomb, à cauſe de l'union & de l'adhérence de ſes parties qui gravitent toutes conjointement, porte un effort plus réuni contre un même point du corps fragile: au lieu que l'eau, à cauſe de la déſunion de ſes parties qui gravitent ſéparément les unes des autres, porte ſon effort diviſé contre différents points du corps fragile. Un corps fragile, qui cede à l'effort réuni de toutes les parties d'une force motrice, peut donc réſiſter à l'effort diviſé d'une égale force motrice.

La différence de percuſſion dans une livre d'eau & dans une livre de plomb, eſt encore bien plus marquée, quand ces deux corps tombent en plein air. La livre de plomb, dans ſa chûte, ne change point de volume, & ne déplace toujours qu'une colonne d'air égale à ſa largeur. La livre d'eau au contraire, ſe diviſe ſans ceſſe

dans ſa chûte, par la réſiſtance de l'air ; & à meſure que la diviſion augmente, elle prend plus de ſurface, elle déplace un plus grand volume d'air, elle éprouve une réſiſtance plus conſidérable, elle perd plus de ſa force accélératrice.

Pour donner un nouveau jour à cette théorie, ſoit un aſſez long tube de verre, vuide d'air, & empli d'eau dans environ le tiers de ſa capacité. Si on incline ce tube, pour réunir toute l'eau dans ſa partie ſupérieure, & qu'on donne enſuite ſubitement à ce même tube une direction perdendiculaire à l'horiſon ; l'eau tombe au fond en colonne, & frappe ce fond avec un bruit aſſez ſemblable à celui qu'y produiroit la percuſſion d'une petite colonne de marbre ou d'un petit coup de marteau : c'eſt ce qu'on appelle le *marteau d'eau*. La chûte de l'eau ne produit ni une percuſſion ſemblable, ni un ſemblable éclat, dans un tube égal, dont on n'a point extrait l'air : parce que la colonne d'air interpoſée entre l'eau & le fond du tube, s'éleve à meſure que l'eau deſcend, diviſe ce liquide en une foule de parties, en retarde inégalement la chûte, l'empêche de tomber réuni en colonne, & d'imprimer au fond du tube une ſecouſſe inſtantanée, réſultante du mouvement accélere & non interrompu de toutes ſes parties gravitantes.

PHÉNOMENE III.

251. *La peſanteur ou la force accélératrice qui ſollicite les corps à deſcendre, n'eſt pas égale dans toutes les contrées de la terre : plus grande ſous les poles qu'en France, elle eſt plus grande en France que ſous l'équateur.*

EXPLICATION. La démonſtration de ce phénomene, eſt fondée ſur une *découverte ſinguliere*, qui a été faite depuis moins d'un ſiecle; ſavoir, qu'un même pendule à ſecondes, met plus de tems à faire ſes vibrations ou oſcillations, vers l'équateur, qu'en France; en France, que vers les poles. (*fig.* 12.)

Un *pendule à ſecondes* eſt une peſante lentille P, qui tient à une verge plate de cuivre F P, dans laquelle un rouage exact & régulier placé en F, entretient un petit mouvement uniforme qu'on donne à la lentille P, en la laiſſant tomber de l'extrêmité D de ſon arc. On hauſſe ou on abaiſſe la lentille, juſqu'à ce qu'elle parcoure exactement & avec préciſion, ſon arc D D, ou *m m*, ou *n n*, en une ſeconde de tems perſévéramment. C'eſt cet inſtrument qui a fait découvrir vers la fin du dernier ſiecle, que les corps peſoient plus en France que vers l'équateur.

I°. M. Richer s'étant tranſporté en Cayenne en 1672, par ordre du Roi, pour y faire des obſervations qu'on ne pouvoit pas faire en France, obſerva le premier, avec étonnement, que ſon pendule de trois pieds huit lignes & trois cinquiemes de longueur, lequel faiſoit exactement à Paris ſes oſcillations en une ſeconde de tems, n'étoit plus exact dans l'iſle de Cayenne, où chaque oſcillation duroit un peu plus d'une ſeconde. Il lui fallut raccourcir ſon pendule d'une ligne & un quart au moins dans cette iſle, ſituée à environ cinq degrés de latitude, pour le rendre exact comme il étoit à Paris à 48 degrés & 50 minutes de latitude.

Le même phénomene a été obſervé enſuite dans l'iſle de Gorée, de Saint-Chriſtophe, de Saint-

Saint-Domingue, par MM. Varin & Deshayes; dans l'isle de la Martinique, par M. Feuillée; dans l'isle de la Martinique, par M. Camphel; à Panama, par MM. Bouguer & de la Condamine, envoyés au Pérou pour y mesurer un degré du méridien terrestre, vers l'an 1738.

II°. Les académiciens François, qui dans le même tems se sont transportés en Laponie pour y mesurer un degré du méridien terrestre sous le cercle polaire, observerent que leur pendule, qui faisoit à Paris exactement une oscillation par seconde, mettoit un peu moins d'une seconde sous le cercle polaire, pour y faire une oscillation: il leur fallut donc alonger leur pendule P, pour le rendre exact.

III°. Selon MM. Richer, Varin, Deshayes, de Mairan, Picard, de Maupertuis, un pendule P doit avoir 440 lignes & demie de longueur à très-peu près à Paris, pour y parcourir exactement l'arc DD en une seconde.

Ce même pendule, en Cayenne, doit être raccourci au moins d'une ligne & quart selon M. Richer, ou même d'environ deux lignes selon M. Deshayes, pour y parcourir exactement en une seconde l'arc *mm*, un peu moins long que l'arc DD.

Ce même pendule, sous le cercle polaire, doit être alongé d'une petite quantité, pour y parcourir exactement en une seconde l'arc *nn*, un peu plus long que l'arc DD. On peut voir, si l'on veut, toutes ces observations comparées entr'elles, à la fin du dernier volume des œuvres de M. de Maupertuis.

IV°. Voilà donc toujours, selon toutes les observations qui ont été faites sur cet objet, &

qui s'accordent toutes à établir & à démontrer le même phénomene, un même pendule P, dont les vibrations DD se font dans une seconde précise en France, dans moins d'une seconde sous le cercle polaire, dans plus d'une seconde vers l'équateur. Delà découle la démonstration du phénomene que nous venons d'énoncer, & que nous avons à établir.

DÉMONSTRATION. I°. Plus un pendule a de longueur, plus l'arc qu'il décrit dans une oscillation, a d'étendue : puisque les arcs *mm*, *nn*, qu'il décrit sous différentes longueurs, sont des arcs semblables de circonférences concentriques.

Plus est long & étendu l'arc que décrit un pendule P dans un tems donné, dans une seconde; plus ce pendule a de vîtesse, & par là même de force motrice : puisque la force motrice est le produit de la masse du pendule toujours la même, par sa vîtesse plus ou moins grande.

Plus un pendule a de vîtesse & de force motrice, plus est grande la cause qui produit cette vîtesse & cette force motrice dans le pendule : puisque la cause est toujours & par-tout proportionnelle à son effet.

II°. Or, quelle est la cause qui produit & la vîtesse & la force motrice du pendule P élevé à l'extrêmité D de son arc ? Il est évident, par la seule inspection d'un pendule, que cette cause n'est & ne peut être autre chose que sa pesanteur; que la cause générale qui sollicite tous les corps à s'approcher avec un mouvement accéléré, du centre de la terre : puisqu'aucune autre cause n'agit alors sur le pendule; & que le pendule élevé à l'extrêmité de son arc, n'est

& ne peut être porté à ſa perpendiculaire, & enſuite à l'extrêmité oppoſée de ſon arc, que par le mouvement accéléré de ſa peſanteur.

Donc puiſque le même pendule, élevé à l'extrêmité de ſon arc, a plus de vîteſſe & de force motrice, vers les poles qu'en France, en France que vers l'équateur ; comme il conſte par les obſervations qu'on vient de rapporter : il eſt certain & évident que la peſanteur de ce pendule, & par là même d'un corps quelconque, eſt plus active, plus puiſſante, plus grande vers les poles, qu'en France ; en France, que vers l'équateur. C. Q. F. D.

252. REMARQUE I. Un pendule, qui fait exactement une oſcillation ou vibration par ſeconde en France, a beſoin d'être raccourci ſous l'équateur : parce que ſous l'équateur, la peſanteur étant moindre ou plus foible qu'en France, elle n'imprime pas aſſez de vîteſſe au pendule placé ſous l'équateur ou près de l'équateur, pour lui faire parcourir en une ſeconde un arc auſſi grand que celui qu'elle lui faiſoit parcourir en France.

Un pendule au contraire, qui fait exactement une vibration par ſeconde en France, a beſoin d'être alongé ſous le cercle polaire, pour qu'il mette une ſeconde entiere à y faire une vibration : parce que la peſanteur étant plus grande vers les poles qu'en France, elle imprime au pendule porté & placé ſous le cercle polaire, plus de vîteſſe qu'il ne faut pour lui faire parcourir ſimplement l'arc qu'il parcouroit en France en une ſeconde, & qu'il parcourt ſous le cercle polaire en un peu moins d'une ſeconde. Il faut donc rendre un peu plus long cet arc, pour que le tems employé à le parcourir en

vertu d'une pesanteur ou d'une force accélératrice augmentée, devienne précisément égal à une seconde.

Selon les observations faites dans ces derniers tems en France & sous le cercle polaire, par les académiciens François, la pesanteur à Paris est à la pesanteur sous le cercle polaire, comme 100000 est à 100137 : c'est-à-dire, à peu près comme 201 est à $201+\frac{1}{4}$. Selon le résultat des différentes observations qui ont été faites sur le même objet, en une foule d'endroits, depuis l'équateur jusqu'au cercle polaire, & dont on trouvera une table dans le quatrieme volume des œuvres de M. de Maupertuis, page 345 ; la pesanteur sous l'équateur, est à la pesanteur sous les poles, comme 201 est à 202.

253. REMARQUE II. En vain, pour éluder les conséquences qu'on tire de l'alongement & du raccourcissement du pendule vers les poles & vers l'équateur, voudroit-on recourir à la condensation & à la dilatation qu'opere la diversité de température vers l'équateur & vers les poles. Raison frivole, qu'il est facile de détruire efficacement ! Car,

I°. Les expériences, où il a fallu raccourcir le pendule dans les régions méridionales voisines de l'équateur, ont été faites pour la plupart sur des montagnes fort élevées, où régnoit un froid bien supérieur à celui qu'on pouvoit éprouver à Paris au tems où l'on régla ces pendules. Il est donc faux que le raccourcissement, qu'ont exigé ces pendules pour être exacts vers l'équateur, ait pour cause une dilatation dans le métal, occasionnée par un excès de chaleur.

II°. Les expériences, où il a fallu alonger

le pendule dans les régions ſeptentrionales, ont été faites ſouvent dans des tems où ces régions avoient un moindre degré de froid que celui qu'on éprouve au printems & en automne en France, où ces pendules n'ont point beſoin d'être alongés.

III°. Un pendule de 360 pouces de longueur, ne recevroit de l'excès de chaleur qu'on éprouve dans les régions méridionales, ſur les chaleurs communes qu'on éprouve en France, qu'un alongement d'une ligne, tandis qu'un pendule de moins de 37 pouces de longueur, exige en Cayenne un raccourciſſement d'environ une ligne & demie ou de deux lignes. Donc il faut retrancher au pendule, dans les régions voiſines de l'équateur, incomparablement plus que l'excès de chaleur ne peut lui ajouter : donc il eſt faux que le retardement du pendule, dans les régions méridionales, ait ou puiſſe avoir pour cauſe unique ou principale, la dilatation occaſionnée par la chaleur de ces climats.

IV°. Sous le même degré de chaleur, meſuré exactement par le moyen du thermometre, les vibrations du pendule ſont ſenſiblement différentes vers l'équateur & vers les poles. Donc la différence des vibrations du pendule dans ces régions, n'a point pour cauſe la différence de température, mais la différence de peſanteur dans le pendule.

254. REMARQUE III. Il eſt certain, & nous démontrerons ailleurs (1373), que la terre eſt applatie vers les poles, & renflée vers l'équateur; & que les rayons terreſtres vont en décroiſſant depuis l'équateur juſqu'aux poles : d'où il réſulte que la peſanteur des corps allant en

décroissant depuis les poles jusqu'à l'équateur; cette pesanteur diminue à mesure que le corps où elle réside, s'éloigne du centre de la terre.

Nous ferons voir de plus, dans l'astronomie, que la pesanteur, ou la force accélératrice qui sollicite les corps terrestres à s'approcher du centre de la terre, diminue dans la même proportion que le quarré de leur distance au centre de la terre augmente; & qu'un corps, qui a une pesanteur déterminée à la surface de la terre, auroit une pesanteur quatre fois moindre, à une distance double du même centre de la terre; cent fois moindre, à une distance dix fois plus grande; 3600 fois moindre, à la distance où se trouve la lune. (1272.)

255. REMARQUE IV. Le célebre Cassini, le pere, mesura dans le dernier siecle, tout l'arc du méridien qui passe par Paris, depuis le fond du Roussillon jusqu'à Dunkerque; & il résultoit de ses mesures, que la terre devoit être alongée vers les poles, & applatie vers l'équateur.

Pour confronter cette découverte, encore suspecte & douteuse, avec l'expérience; Newton, bien persuadé de la révolution diurne de la terre sur son axe, fit faire un globe de peau flexible, l'emplit d'eau, le fit tourner sur son axe rapide, & observa quelle figure prenoit ce globe. Il le vit se renfler vers son équateur, & s'applatir vers ses poles.

Newton, après cette observation, se borna à annoncer modestement au public, que la découverte de M. Cassini, sur l'alongement des poles & l'applatissement de l'équateur, ne s'accordoit ni avec l'observation qu'il avoit faite, ni avec la théorie du mouvement: que selon l'expérience

qu'il venoit de faire, & ſelon la théorie du mouvement, les parties aqueuſes, décrivant de plus grands cercles ſous l'équateur que vers les poles, devoient avoir plus de force centrifuge ſous l'équateur, que loin de l'équateur & vers les poles: qu'ayant plus de force centrifuge vers l'équateur, elles devoient plus perdre de leur force centripete, ou de leur peſanteur: que perdant plus de leur force centripete ou de leur peſanteur, elles devroient ſe tenir à une plus grande élévation vers l'équateur, pour faire équilibre par l'excès de leur maſſe, avec celles qui, placées vers les poles, perdent moins de leur peſanteur: que les corps ſolides, ainſi que les corps liquides & fluides, roulant journellement autour de la terre avec des vîteſſes inégales, devoient avoir moins de peſanteur ſous l'équateur, que loin de l'équateur & près des poles.

Ce raiſonnement de Newton s'accordoit, & avec l'expérience qu'il avoit faite ſur ſon globe, & avec la découverte de M. Richer: les obſervations aſtronomiques qui ont été faites dans ce ſiecle au Pérou, au cap de Bonne-Eſpérance, ſous le cercle polaire, ont achevé de le convertir en une démonſtration complette. L'applatiſſement de la terre vers les poles a été définitivement décidée comme nous l'expliquerons ailleurs (1368); & l'opinion de M. Caſſini a été généralement abandonnée par tous les phyſiciens, & par ſon fils lui-même, lequel, après avoir examiné à fond la queſtion, ne ſe fit point une peine de reconnoître & d'avouer que ſon pere s'étoit trompé dans le réſultat de ſes meſures.

RÉSULTAT GÉNÉRAL, OU

256. CONCLUSION. La *nature de la matiere*, la *nature des corps*, tel eſt l'intéreſſant objet que nous avions à expoſer & à développer dans ce premier traité, où nous avons fait paſſer ſucceſſivement en revue toutes les propriétés générales que l'on a découvertes jusqu'à préſent dans la matiere & dans les corps.

Pouvons-nous nous flatter de connoître toutes les propriétés de la matiere & des corps? Non: il reſte encore une infinité de découvertes à faire ſur cet immenſe objet. Mais nous pouvons nous flatter ſans témérité, de ſavoir que toutes les propriétés qui peuvent nous être inconnues dans les corps, découlent & doivent découler des propriétés générales que les obſervations de pluſieurs milliers d'années nous y ont fait connoître; par exemple, de leur étendue, de leur diviſibilité, de leur attraction réciproque, de la diverſité de leurs parties intégrantes & conſtituantes, de leur poroſité, de leur peſanteur, de leur mobilité, & ainſi du reſte. De ſorte que, ſi nous ne connoiſſons pas formellement & explicitement en elles-mêmes toutes les propriétés qui peuvent caractériſer chaque eſpece de corps, nous connoiſſons du moins implicitement & confuſément ces propriétés cachées, dans le germe d'où elles doivent naître, dans la ſource d'où elles doivent jaillir, dans les cauſes combinées qui doivent leur donner l'exiſtence.



THÉORIE DES ÊTRES SENSIBLES, OU COURS COMPLET DE PHYSIQUE.

SECOND TRAITÉ.

THÉORIE DU MOUVEMENT.

Le Mouvement en lui-même.

Le Mouvement dans les machines.



THÉORIE
DES ÊTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE.

SECOND TRAITÉ.

Théorie du Mouvement.

L'ADMIRABLE variété, que nous préſente le monde inanimé, ne renferme & n'exige qu'une matiere homogene par ſa nature, hétérogene par ſes modifications de figure & de mouvement, comme nous l'avons fait voir dans le traité précédent (144). Après avoir expoſé la théorie générale de la matiere, nous allons développer la théorie générale du mouvement : delà réſultera la théorie générale de la nature, qui ne renferme que matiere & mouvement. Le *mou-*

vement en lui-même, le *mouvement dans les machines*, tel eſt le double objet de ce traité.

Qu'il eſt fâcheux de voir cette intéreſſante théorie du mouvement, ſouvent enveloppée d'épaiſſes ténebres, quelquefois ſoumiſe à de faux principes & à de fauſſes regles, dans pluſieurs auteurs eſtimés! Nous allons tâcher de lui donner toute la lumiere dont elle eſt ſuſceptible, & d'en écarter toutes les erreurs & toutes les mépriſes qui l'ont plus d'une fois défigurée.

SECTION PREMIERE.

LE MOUVEMENT EN LUI-MÊME.

LA nature du mouvement, les obſtacles au mouvement, les loix générales du mouvement, la communication du mouvement, le mouvement compoſé, le mouvement accéléré, le mouvement réfléchi & réfracté, vont faire le ſujet de tout autant d'articles ſéparés.

ARTICLE PREMIER.

NATURE DU MOUVEMENT.

257. DÉFINITION I. LE mouvement eſt le tranſport ou le paſſage ſucceſſif d'un corps, d'un lieu en un autre lieu; quelles que ſoient & la cauſe & la direction & la rapidité de ce paſſage, ou de ce tranſport.

I°. Le lieu, ainſi que le mouvement, eſt ou abſolu, ou relatif, comme nous l'avons expliqué dans notre métaphyſique. (*Met.* 132.)

II°. La cauſe efficiente du mouvement, c'eſt Dieu ſeul (76): l'homme, la brute, la matiere, n'en ſont que les cauſes occaſionnelles. (*Met.* 553.)

258. DÉFINITION II. On nomme *différences du mouvement*, les modifications qui ſont qu'un mouvement differe d'un autre mouvement.

Un mouvement differe d'un autre mouvement, ou par ſa direction, ou par ſa vîteſſe, ou par ſa quantité, ou par ſa combinaiſon. Par exemple, un mouvement horiſontal differe *par ſa direction*, d'un mouvement vertical. Un mouvement moins rapide differe *par ſa vîteſſe*, d'un mouvement plus rapide. Un mouvement comme 2 differe *par ſa quantité*, d'un mouvement comme 4. Un mouvement compoſé de pluſieurs eſpeces de mouvements, differe *par ſa combinaiſon*, d'un mouvement ſimple, d'un mouvement plus ou moins compoſé que lui-même.

259. DÉFINITION III. Tout mouvement eſt ou en ligne droite, ou en ligne courbe. Le mouvement, ſoit en ligne droite, ſoit en ligne courbe, eſt, ou uniforme, ou accéléré, ou retardé.

Le mouvement eſt *uniforme*, quand il eſt toujours égal à lui-même, quand il ne ſouffre ni augmentation, ni diminution dans ſa durée & dans ſon progrès. Le mouvement eſt *accéléré*, quand il croît ſans ceſſe de plus en plus, comme le mouvement d'une bombe qui tombe perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon. Le mouvement eſt *retardé*, quand il diminue ſans ceſſe de moins en moins, comme le mouvement d'une bombe qui s'éleve verticalement.

260. DÉFINITION IV. Le mouvement en ligne droite, considéré relativement à la terre, est ou parallele à l'horison, ou perpendiculaire à l'horison, ou oblique à l'horison : définitions lumineuses & sensibles par elles-mêmes, & qui n'ont besoin d'aucune explication.

261. DÉFINITION V. Le mouvement qu'on nomme perpendiculaire, peut être considéré, ou relativement à une surface plane, ou relativement à une surface courbe.

I°. Le mouvement en ligne droite est perpendiculaire à une surface plane, quand la ligne qu'il décrit forme en tout sens des angles droits sur cette surface. Ce mouvement est oblique à cette surface, quand la ligne qu'il décrit forme des angles plus grands d'un côté que de l'autre. Ce mouvement seroit parallele à cette surface, si la ligne qu'il décrit étoit par-tout également éloignée de cette surface.

II°. Le mouvement en ligne droite est perpendiculaire à un corps à surface courbe, par exemple à une sphere, quand la ligne qu'il décrit en atteignant le corps, prolongée indéfiniment au-delà du point de contact, passeroit par le centre de courbure : si cette ligne prolongée passe hors du centre, ce mouvement est oblique.

La vîtesse absolue & relative des corps en mouvement, la quantité de leur mouvement, l'examen des forces vives & des forces mortes, tels sont les trois objets que nous présente à examiner & à développer, la nature du mouvement.

PARAGRAPHE PREMIER.

ESTIMATION DE LA VÎTESSE.

262. DÉFINITION. La vîteſſe d'un corps en mouvement, eſt la rapidité plus ou moins grande avec laquelle il parcourt un eſpace. La vîteſſe ne peut s'eſtimer qu'en comparant l'eſpace parcouru, avec le tems employé à le parcourir. Ariſte a fait deux lieues en ſe promenant d'un pas égal & ſoutenu: quelle étoit ſa vîteſſe? On n'en ſait rien. Ariſte s'eſt promené pendant deux heures entieres d'un pas uniforme: quelle étoit ſa vîteſſe? On n'en ſait rien encore. Ariſte s'eſt promené deux heures d'un pas uniforme, & a fait deux lieues: ſa vîteſſe eſt connue.

La vîteſſe eſt donc l'eſpace parcouru, diviſé par le tems employé à le parcourir: ou bien, *la vîteſſe eſt le rapport de l'eſpace parcouru, avec le tems employé à le parcourir.* Plus l'eſpace eſt grand, & le tems court, plus la vîteſſe eſt grande. Plus l'eſpace eſt petit, & le tems long, plus la vîteſſe eſt petite.

263. COROLLAIRE. Il ſuit delà, que *la vîteſſe peut toujours être exprimée par le moyen d'une fraction, dont le numérateur ſera l'eſpace parcouru, & dont le dénominateur ſera le tems employé à parcourir cet eſpace.* $\frac{E}{T}=V$. $\frac{e}{t}=v$.

Delà découlent les regles ſuivantes, qui ont pour objet de comparer & d'évaluer la vîteſſe reſpective de différents corps.

Regles sur les vîtesses relatives.

264. REGLE I. *Si les espaces parcourus, & les tems employés à parcourir ces espaces, sont égaux; les vîtesses sont égales.* Car deux fractions sont égales, quand leurs numérateurs & leurs dénominateurs sont égaux. $\frac{10}{12} = \frac{10}{12}$.

265. REGLE II. *Si les tems sont égaux, & les espaces parcourus, inégaux; les vîtesses sont entre elles comme les espaces.* Car deux fractions, qui ont un même dénominateur, sont entre elles comme leurs numérateurs. $\frac{10}{12} . \frac{20}{12} :: 10 . 20$. (*Math.* 190.)

266. REGLE III. *Si les espaces parcourus sont égaux, & les tems employés à les parcourir, inégaux; les vîtesses sont en raison inverse des tems.* Car lorsque les numérateurs de deux fractions sont égaux, les deux fractions sont entre elles en raison inverse des dénominateurs. $\frac{5}{10} . \frac{5}{20} :: 20 . 10$.

267. REGLE IV. *Si les espaces & les tems sont inégaux, les vîtesses sont entre elles, comme les quotients des espaces divisés par les tems respectifs.* Car les numérateurs & les dénominateurs de deux fractions étant inégaux, la valeur de chaque fraction est égale au quotient de son numérateur divisé par son dénominateur. $\frac{5}{10} . \frac{8}{4} :: \frac{1}{2} . 2$. (*Math.* 190.)

PARAGRAPHE SECOND.

ESTIMATION DE LA QUANTITÉ DU MOUVEMENT.

268. OBSERVATION. Il conste, par l'expérience,

rience, qu'un corps d'une maſſe déterminée a d'autant plus de mouvement ou de force motrice, qu'il a plus de vîteſſe; qu'un corps d'une vîteſſe déterminée, a d'autant plus de mouvement ou de force motrice, qu'il a plus de maſſe. D'où il s'enſuit que la maſſe & la vîteſſe doivent entrer conjointement dans l'eſtimation de la quantité du mouvement. (*fig.* 17.)

I°. Si deux corps A & B, égaux en maſſe, partent enſemble d'un terme, & arrivent enſemble à un autre terme, on conçoit qu'ils ont une même quantité de mouvement. Mais ſuppoſons que la maſſe du corps A, devienne double de la maſſe du corps B; & qu'ils aient l'un & l'autre la même vîteſſe : on conçoit que la moitié du corps A, doit avoir autant de mouvement, que tout le corps B; & que tout le corps A, à raiſon de ſa maſſe équivalemment double, doit avoir deux fois plus de mouvement que tout le corps B. Donc, *dans l'eſtimation du mouvement, on doit avoir égard à la maſſe.*

II°. Si deux corps A & B, égaux en maſſe, partent enſemble d'un terme, & que le corps A arrive à un terme plus ou moins éloigné, beaucoup plutôt que le corps B; on conçoit que le corps A doit avoir une plus grande quantité de mouvement, que le corps B; on conçoit que le corps A aura deux fois ou quatre fois plus de mouvement que le corps B, ſi ce corps A arrive au terme deux fois ou quatre fois plus vîte que le corps B. Donc, *dans l'eſtimation du mouvement, on doit avoir égard auſſi à la vîteſſe.*

Il réſulte delà que la maſſe & la vîteſſe doivent entrer conjointement dans l'eſtimation du

mouvement : puiſque plus de maſſe, ou plus de vîteſſe dans un corps, lui donne toujours une plus grande quantité de mouvement.

269. ASSERTION. *La quantité du mouvement dans un corps, eſt le produit de la maſſe par la vîteſſe, ou de la vîteſſe par la maſſe.*

DÉMONSTRATION. I°. Quand deux grandeurs concourent conjointement à former une troiſieme grandeur, il eſt clair que la grandeur réſultante doit être le produit des deux grandeurs génératrices : or la maſſe & la vîteſſe concourent conjointement à former la quantité du mouvement, comme on vient de l'obſerver : donc la quantité du mouvement doit être le produit de la maſſe & de la vîteſſe multipliées indifféremment l'une par l'autre.

II°. L'expérience confirme & démontre la vérité de cette théorie. Car dans tous les mouvements méchaniques, il ſuffit de doubler ou la maſſe ou la vîteſſe d'un corps, pour lui donner une force motrice double ; il ſuffit de tripler ou de quadrupler indifféremment ou la maſſe ou la vîteſſe d'un corps, pour rendre ſa force motrice, ou ſa quantité de mouvement, triple ou quadruple ; & ainſi de ſuite. Donc la quantité du mouvement dans un corps, eſt toujours le produit ou de ſa maſſe par ſa vîteſſe, ou de ſa vîteſſe par ſa maſſe. C. Q. F. D.

270. REMARQUE. De cette théorie découlent, comme autant de corollaires, les regles ſuivantes ſur l'eſtimation de la quantité reſpective du mouvement ; regles que nous ne ferons que tracer, & qui portent en elles-mêmes leur démonſtration, fondée ſur les principes que

nous venons d'établir, & sur les plus simples notions de la multiplication arithmétique ou algébrique.

Regles sur les forces respectives.

271. REGLE I. *Quand deux corps ont même masse & même vîtesse, leur quantité de mouvement est égale de part & d'autre.* Car soit M ou *m*, l'expression de la masse; V ou *v*, l'expression de la vîtesse. Il est clair que $M \times V = M \times V$.

272. REGLE II. *Quand deux corps sont égaux en masse, & inégaux en vîtesse, leurs quantités respectives de mouvement sont entre elles, comme leurs vîtesses.* Car il est clair que $M \times V . M \times v :: V . v$. (*Math.* 221. II°.)

273. REGLE III. *Quand deux corps sont égaux en vîtesse, & inégaux en masse, leurs quantités respectives de mouvement, sont entre elles comme leurs masses.* Car il est clair que $V \times M . V \times m :: M . m$.

274. REGLE IV. *Quand deux corps sont inégaux en masse & en vîtesse, leurs quantités respectives de mouvement sont entre elles, comme les produits des masses par les vîtesses respectives.* Car ces deux forces motrices ne sont autre chose que le produit de chaque masse, par sa vîtesse particuliere plus ou moins grande.

275. REGLE V. *Si deux corps* M *&* m *sont inégaux en masse & en vîtesse, en telle sorte que* M *surpasse* m *en masse, autant précisément que* m *surpasse* M *en vîtesse; leurs quantités de mouvement sont égales.* Et réciproquement, *si les quantités de mouvement sont égales dans deux corps d'inégale masse, leurs vîtesses sont en raison inverse de leurs masses.*

DÉMONSTRATION. I°. La premiere partie de cette regle est évidente. Car deux produits sont

égaux, quand le multiplicande M du premier est au multiplicande *m* du second, comme le multiplicateur V du second est au multiplicateur *v* du premier. Par exemple, 10 × 5 = 5 × 10.

II°. La seconde partie de cette regle n'est pas moins évidente. Car deux produits étant égaux, il y a nécessairement proportion entre les quatre grandeurs inégales qui forment ces produits (*Math.* 172). Or, pour qu'il y ait proportion, il faut que la grande masse M, soit à la petite masse *m*, comme la grande vîtesse V, est à la petite vîtesse *v*. Par exemple, si M × *v* = *m* × V; donc M . *m* :: V . *v*. Par exemple encore, si 10 × 5 = 2 × 25; donc 10 . 2 :: 25 . 5. (*Math.* 173.)

Cette regle est le principe fondamental de toute la méchanique, science qui enseigne l'art de vaincre les plus grandes résistances par le moyen d'une fort petite masse : ce dont elle vient à bout, en augmentant tellement la vîtesse dans la petite masse, qu'il en résulte un produit égal ou supérieur au produit de la grande masse par sa petite vîtesse.

276. REMARQUE. Pour évaluer la quantité des masses & des vîtesses, dont l'estimation doit entrer nécessairement dans l'estimation du mouvement, il faut comparer ces masses & ces vîtesses avec des mesures analogues & connues. Par exemple,

I°. *La quantité des masses* s'estime par leurs poids, & par la comparaison de leurs poids avec des poids connus & déterminés. Une masse de plomb & une masse de liége, d'une livre chacune, sont égales. Une masse de plomb d'une livre, & une masse de plomb ou de liége d'une once, sont entre elles comme 16 est à 1.

II°. La *quantité des vîteſſes* dans deux corps s'eſtime, comme nous avons dit, en diviſant dans chacun à part, l'eſpace parcouru par le tems employé à le parcourir : les quotients reſpectifs expriment les vîteſſes reſpectives. L'eſpace ſe meſure par des toiſes, des pieds, des pouces, des lignes : le tems ſe meſure par des heures, des minutes, des ſecondes, des tierces.

277. REMARQUE II. On conçoit aiſément, d'après la théorie que nous venons de donner ſur la quantité du mouvement, quantité toujours égale au produit de la vîteſſe par la maſſe, ou de la maſſe par la vîteſſe :

I°. Comment des corps d'une étonnante ténuité, tels que les molécules du feu & de la matiere électrique, tels que les eſprits animaux, operent de ſi grands effets. La petiteſſe de la maſſe eſt compenſée en eux par l'immenſité de la vîteſſe ; & le produit, qui exprime leur force motrice ou leur quantité de mouvement, devient très-conſidérable par l'immenſité de la vîteſſe, malgré la petiteſſe de la maſſe.

II°. Comment un petit caillou élaſtique, intercepté entre deux gros rochers dont l'un détaché gravite ſur l'autre avec une vîteſſe très-lente, s'échappe quelquefois avec une immenſe vîteſſe, avec une vîteſſe incomparablement ſupérieure à celle de l'énorme maſſe qui lui imprime le mouvement. Ce caillou a été comprimé par le produit de la maſſe & de la vîteſſe du gros rocher qui le preſſe ; & ſelon les loix de la compreſſion & de la réaction que nous expliquerons bientôt, il s'échappe & s'élance avec une quantité de mouvement égale à celle de la force comprimante : ce qui ne peut avoir lieu,

ſans que ce caillou, qui n'a qu'une très-petite maſſe, prenne une très-grande vîteſſe.

PARAGRAPHE TROISIEME.

EXAMEN DES FORCES VIVES ET DES FORCES MORTES.

278. OBSERVATION. Voici une matiere qui paroît être le ſcandale de la phyſique : on y voit les plus grands phyſiciens & les plus profonds mathématiciens, appuyés ſur des démonſtrations phyſico-mathématiques, ſe diviſer en des ſentiments diamétralement oppoſés. Quel heureux prétexte de triomphe, pour l'aveugle & inſenſé pyrrhoniſme! Nous ferons voir bientôt que ce ſcandale philoſophique ne conſiſte que dans un ſimple mal-entendu, & qu'on eſt d'accord de part & d'autre ſur le fond des choſes.

I°. On nomme *force morte*, une force qui lutte en vain contre une réſiſtance qu'elle ne peut vaincre. Par exemple, ſi ſur les baſſins d'une balance on met d'abord d'un côté un poids de deux livres, & enſuite de l'autre un poids d'une livre; ce poids d'une livre eſt une force morte, une force comme détruite par la force ou par la réſiſtance oppoſée. Si ſur les deux mêmes baſſins on met de part & d'autre des poids égaux, enſorte qu'il y ait équilibre; l'une & l'autre force eſt encore une force morte, une force qui, détruite par la force oppoſée, ſemble ſans action. *Vis cujus actio perſeveranter eliditur, & quaſi mortua remanet.*

II°. On nomme *force vive*, une force qui triomphe de la réſiſtance oppoſée, & qui meut

& déplace le corps qui s'oppose à son action. Par exemple, si sur les bassins d'une balance on met d'abord d'un côté un poids de dix livres, & ensuite de l'autre un poids de douze livres; le poids de douze livres est une force vive, dont l'action déplace l'obstacle, & demeure victorieuse de la résistance que cet obstacle lui oppose. *Vis cujus actio non eliditur, sed victo obice, viva remanet.*

M. de Buffon donne une autre idée des forces vives & des forces mortes, laquelle n'a rien de commun avec la question présente. (627. V°.)

279. REMARQUE I. La force vive & la force morte ont également une action très-réelle. *L'action de la force vive*, consiste à vaincre la force opposée. *L'action de la force morte*, consiste à détruire dans la force opposée, une quantité de force égale à la sienne.

I°. Comme l'action de la force morte est persévéramment détruite par l'obstacle ou par la résistance qu'elle rencontre; le résultat de tous ses efforts, constamment & persévéramment détruits, est toujours le même, sans accroissement & sans diminution.

II°. Il n'en est pas de même de l'action de la force vive. Comme cette force est victorieuse de l'obstacle opposé, & qu'après avoir déplacé le corps résistant, elle reste encore force vive & agissante, elle continue à agir sur le corps qu'elle emporte avec elle; & le résultat de ses efforts, de ses *nisus*, contre ce corps, est un résultat toujours croissant, un résultat proportionnel & à la grandeur & à la durée de tous ses efforts collectivement pris.

Par exemple, dans un poids de dix livres

qui lutte ſur une balance contre un poids égal ou plus grand pendant quatre ſecondes ; le dernier effort, le dernier *niſus*, ne produit ni plus ni moins d'effet que le premier : cet effort, toujours détruit, reſte toujours égal à 10. Mais dans un corps de dix livres, qui ſur une balance éleve un poids oppoſé pendant quatre ſecondes, après le premier effort qui a déplacé & commencé à emporter l'obſtacle, le corps victorieux conſerve encore ſa force, & continue à l'exercer pendant tout le tems que le corps oppoſé eſt en priſe à ſon action. Si cette action a exercé un effort & produit un effet comme 10 pendant la premiere ſeconde, elle exercera un nouvel effort & produira un nouvel effet comme 10 dans chaque ſeconde ſuivante ; & elle imprimera au corps qu'elle emporte, un mouvement toujours croiſſant. D'où il réſulte, qu'un effort comme 10 dans une force morte, qui ne peut pas répéter & accumuler l'effet toujours nul de ſon action, eſt toujours égal à 10 ; & qu'un effort comme 10 dans une force vive, répété deux fois, eſt égal à 20 ; répété quatre fois, eſt égal à 40 ; répété dix fois, eſt égal à 100.

Nous ne faiſons attention ici qu'à l'action même de la force vive, quelle que ſoit ſa direction, quelle que ſoit ſon intenſité, quelle que ſoit la quantité de ſon effet : ſoit qu'elle agiſſe de haut en bas, ſoit qu'elle agiſſe de bas en haut, ſoit qu'elle agiſſe dans une direction parallele ou oblique à l'horiſon, ſes efforts ſe répetent contre l'obſtacle qu'elle emporte, tant que cet obſtacle reſte en priſe à ſon action ; & le réſultat de ces efforts, quand ils finiſſent, eſt proportionnel à leur intenſité & à leur durée.

280. REMARQUE II. Avant le milieu ou la fin du dernier ſiecle, tous les phyſiciens du monde eſtimoient uniformément les forces vives & les forces mortes, par le produit de la maſſe & de la vîteſſe. Un génie ſupérieur, né pour opérer des révolutions dans le génie, le fameux Leibnitz voulut établir une *ſinguliere diſtinction* entre ces deux eſpeces de forces : il avança & il ſoutint que dans les forces mortes, la quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par la ſimple vîteſſe ; mais que dans les forces vives, la quantité de mouvement eſt le produit de la maſſe par le quarré de la vîteſſe. Par exemple, ſoit un boulet de canon d'une livre, mu avec une vîteſſe comme 100, ou avec une vîteſſe en vertu de laquelle il parcoure cent toiſes en une ſeconde de tems. Selon Leibnitz,

I°. Si ce boulet rencontre un mur qu'il ne puiſſe pas abattre, ſa force motrice eſt une *force morte*, égale au produit de ſa maſſe 1, par ſa vîteſſe 100. Force $F = 100$.

II°. Si ce boulet rencontre un mur qu'il renverſe facilement, ſa force motrice eſt une *force vive*, égale au produit de ſa maſſe 1, par le quarré de ſa vîteſſe 100, lequel quarré eſt 10000. $F = 10000$. La force de ce même boulet, toujours animé de la même vîteſſe, eſt donc, ſelon Leibnitz, cent fois plus grande dans le ſecond cas que dans le premier.

Quelque étrange que paroiſſe cette opinion, elle a diviſé & partagé le monde philoſophique ; & la diſtinction des forces vives & des forces mortes, combattue par la plupart des phyſiciens Anglois & François, qui s'en ſont tenus à l'ancien calcul, eſt adoptée avec enthouſiaſme par la

plupart des physiciens Allemands & Hollandois, tels entre autres que les Muschembroec, les s'Gravesande, les Wolfe, qui ont suivi le calcul de Leibnitz.

PROPOSITION.

281. *Il n'y a aucune distinction réelle à admettre entre les forces vives & les forces mortes ; & la dispute qui divise sur cet objet le monde philosophique, ne paroît être qu'une question de nom, où tout le monde est d'accord sur la chose contestée.*

DÉMONSTRATION. Pour établir cette proposition, nous allons faire voir que l'opinion de Leibnitz est un paradoxe que la raison désavoue ; & que les expériences non contestées, sur lesquelles on fonde ce paradoxe, ne prouvent rien en sa faveur.

I°. L'*opinion de Leibnitz paroît être opposée à la raison.* Tout le monde convient unanimement que les *forces mortes* doivent s'estimer en multipliant la masse par la simple vîtesse: or les forces mortes, sans changer intrinséquement de nature, sans rien acquérir absolument de réel, deviendroient *forces vives*, si l'obstacle qui les arrête venoit à céder. Donc si l'obstacle cédant, les forces mortes devenoient forces vives, elles devroient être estimées, comme quand elles étoient forces mortes, par le simple produit de la masse & de la vîtesse; puisque leur nature est toujours intrinséquement & positivement la même, soit que l'obstacle résiste, soit que l'obstacle cede. A qui persuadera-t-on que le boulet, dont nous venons de parler (280), ayant toujours précisément & la même masse & la même vîtesse, ait intrinséquement en lui-même, une

force tantôt comme 100, tantôt comme 10000, à raiſon ſimplement du haſard extrinſeque de l'obſtacle qu'il rencontre ? Quel étrange paradoxe ! Une démonſtration rigoureuſe qui l'établiroit, ne devroit aboutir qu'à rendre douteuſe & ſuſpecte la certitude même des démonſtrations phyſico-mathématiques.

II°. *L'opinion de Leibnitz n'eſt point prouvée par l'expérience.* Tout le monde eſt d'accord ſur l'eſtimation de l'effet produit par les forces vives. Soit que l'on adopte, ſoit que l'on combatte la diſtinction de Leibnitz, on convient de part & d'autre que l'effet produit par deux mobiles qui triomphent de l'obſtacle qui leur réſiſte, eſt, après l'épuiſement des forces, égal au produit des maſſes par le quarré des vîteſſes reſpectives : par exemple, que ſi deux boulets de canon, dont les maſſes ſont égales, & dont les vîteſſes ſont comme 2 eſt à 1, heurtent contre un obſtacle égal qui cede à leur force motrice, l'effet du premier ſera quadruple de l'effet du ſecond, après l'épuiſement des forces : que ſi deux boules égales commencent à rouler avec des vîteſſes qui ſoient l'une triple de l'autre, ſur une ſurface horiſontale, qui occaſionne un frottement ou une réſiſtance uniforme, les eſpaces parcourus, quand les deux forces auront été épuiſées, ſeront comme 9 eſt à 1 : que ſi ces deux mêmes boules, au moment du départ, rencontrent ſur le plan horiſontal deux boules d'égale maſſe & élaſtiques, ainſi que les deux boules choquantes ; les boules heurtées, quand elles auront perdu tout le mouvement qui leur aura été imprimé par le choc, auront parcouru des eſpaces qui ſeront entre eux comme 9 eſt à 1 : & ainſi du reſte. Il n'y a point de conteſtation

parmi les physiciens, sur ces effets constatés par l'expérience. Mais ces effets incontestables forment-ils une démonstration en faveur de la distinction de Leibnitz? Non, sans doute : puisqu'on peut en rendre raison, en estimant les forces vives, comme les forces mortes, par le simple produit de la masse & de la vîtesse. Voici donc l'explication de ces phénomenes, dans le sentiment anti-Leibnitzien. (*fig.* 17.)

Soient deux boules A & B, égales en masse, & mues sur un plan horisontal avec des vîtesses qui soient entre elles comme 2 est à 1. Estimons le mouvement ou la force motrice de ces deux boules, en multipliant leur masse par leur simple vîtesse : la force motrice de la boule A, sera deux fois plus grande que la force motrice de la boule B. Ces deux boules éprouvant la même résistance sur le plan où elles roulent, il est clair que le mouvement de la boule A, qui est *double en intensité*, doit être *double en durée*. Pendant tout le tems où les deux boules se meuvent ensemble, la boule A parcourt toujours deux fois plus d'espace que la boule B; & quand la boule B arrive au repos, la boule A conserve encore son mouvement, lequel ne sera totalement épuisé qu'après avoir fait parcourir à la boule qu'il anime, un espace encore égal au précédent. La boule A, en vertu de son mouvement deux fois plus grand en lui-même que le mouvement de la boule B, n'arrivera donc au repos qu'après avoir parcouru un espace quatre fois plus grand que la boule B. Si cette même boule A avoit eu six fois plus de vîtesse que la boule B, la boule A auroit eu une quantité de mouvement six fois plus grande *en intensité*, la-

quelle auroit été six fois plus grande *en durée*; & après l'épuisement des forces, la boule A, avec une quantité de mouvement simplement six fois plus grande en elle-même & en sa nature, auroit parcouru un espace 36 fois plus grand.

Si on suppose que les boules égales & élastiques A & B, mues avec des vîtesses comme 2 & 1, rencontrent deux boules élastiques d'égale masse sur un plan horisontal; on conçoit que dans le tems où se fait la compression entre ces quatre boules, la boule A, ayant deux fois plus de vîtesse, fera deux efforts contre la boule qu'elle heurte, dans le même instant déterminé que la boule B, ayant la moitié moins de vîtesse, n'exerce qu'un seul effort contre la boule qu'elle rencontre. La compression opérée par la boule A ne doit pas durer davantage, que la compression opérée par la boule B : parce que la réaction étant égale à l'action, comme nous l'expliquerons ailleurs (327), si la boule A a deux fois plus de mouvement que la boule B, elle éprouve deux fois plus de résistance dans la compression : son mouvement doit donc périr aussi-tôt que celui de la boule B. En supposant donc la compression achevée de part & d'autre dans une égale somme d'instants infiniment petits, & les deux boules frappantes dépouillées de tout leur mouvement, la boule heurtée par la boule A doit s'enfuir sur le plan horisontal avec une somme de mouvement, qui, comparée avec le mouvement de la boule heurtée par la boule B, sera double en quantité & double en durée, & par là même quadruple dans son effet total, quand les deux boules seront arrivées au repos. Si la boule A avoit dix fois plus de vîtesse que

la boule B à l'inſtant du choc, elle feroit comme dix impulſions contre la boule qu'elle rencontre, dans le même inſtant donné que la boule B, avec une vîteſſe dix fois moindre, fait une ſeule impulſion contre la boule qu'elle rencontre de ſon côté : la boule frappée & comprimée par la boule A, s'enfuira donc ſur le plan avec un mouvement, qui, comparé avec le mouvement de la boule heurtée par la boule B, ſera centuple dans ſon effet total ou dans l'eſpace parcouru, après l'entier épuiſement des forces.

Il réſulte de là, qu'on peut & qu'on doit ſoumettre au même calcul, & les forces vives & les forces mortes; les *forces vives*, en multipliant la maſſe par la *vîteſſe actuelle*, qui triomphe de l'obſtacle & ſe déploie en liberté dans ſon effet; les *forces mortes*, en multipliant la maſſe par la *vîteſſe initiale*, qui, vaincue par l'obſtacle, tend en vain à ſe déployer dans ſon effet. Donc il n'y a aucune diſtinction réelle à admettre entre les forces vives & les forces mortes. C. Q. F. D.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

282. OBJECTION I. De l'aveu même des antagoniſtes de Leibnitz, dans les forces vives, les maſſes étant égales, les effets ſont comme les quarrés des vîteſſes : donc les forces, qui doivent évidemment être comme les effets produits, ſont auſſi comme les quarrés des vîteſſes, & non comme les ſimples vîteſſes.

RÉPONSE. I°. Dans les forces mortes, comme dans les forces vives, les maſſes & les vîteſſes étant égales, les effets feroient égaux, ſi les forces mortes pouvoient exercer toute leur activité, comme l'exercent les forces vives : puiſqu'il ne

manque aux forces mortes, pour être forces vives, que le déplacement de l'obſtacle; lequel déplacement eſt totalement extrinſeque & étranger à leur nature & à leur activité. Donc l'activité des forces mortes & des forces vives étant la même en ſa nature, elle doit être ſoumiſe à la même eſtimation, au même calcul.

II°. Les forces mortes, après leur premier effort vaincu par la réſiſtance de l'obſtacle, ne peuvent pas exercer un ſecond effort qui ſoit victorieux de l'obſtacle : le premier effort eſt donc l'expreſſion de toute leur action, laquelle ne peut rien produire de plus, après le premier effort inutile. Dans les forces vives, au contraire, après le premier effort, l'obſtacle qui cede, donne lieu à de nouveaux efforts de la part de la force vive ; efforts dont la ſomme accumulée produit en réalité, ce que les efforts de la force morte tendent à produire en puiſſance. Donc les forces mortes & les forces vives étant les mêmes en leur nature, & ne différant qu'en ce que l'activité des premieres eſt empêchée de ſe déployer, tandis que l'activité des dernieres n'eſt point empêchée de ſe déployer, il ne faut point établir une diſtinction réelle entre ces deux forces.

III°. Nous admettons toutes les expériences & tous les calculs par leſquels on prouve que dans les forces vives, comparées entre elles, les effets ſont comme les produits des maſſes par les quarrés des vîteſſes. Que s'enſuit-il de là? Il s'enſuit ſimplement, comme nous l'avons expliqué, que dans deux forces motrices quelconques, la quantité d'action étant le produit de la maſſe par la ſimple vîteſſe, il faut avoir

égard à la fois & à la *quantité de l'action*, & à la *durée de cette action.*

IV°. Si les forces vives ſont entre elles comme les effets où leur action ſe déploie ; pourquoi les forces mortes ne feroient-elles pas entre elles comme les effets où leur action tend à ſe déployer ? Donc ſi on eſtime les forces vives, en multipliant la maſſe par le quarrré de la vîteſſe ; il faudroit également eſtimer les forces mortes, en multipliant la maſſe par le quarré de la vîteſſe : ce que ne veulent point les partiſans de Leibnitz.

V°. La quantité ou l'activité des forces doit s'eſtimer par la grandeur de l'effet qu'elles produiſent ou qu'elles tendent à produire dans des tems égaux, & non par la grandeur de l'effet qu'elles produiſent dans des tems inégaux. Deux forces vives A & B, avec une maſſe égale & une vîteſſe double l'une de l'autre, produiſent dans un tems donné, deux effets qui ſont entre eux comme les vîteſſes, & non comme les quarrés des vîteſſes.

283. OBJECTION II. Pourquoi eſtimer deux forces motrices par l'effet qu'elles produiſent dans des tems égaux, par exemple, dans le premier inſtant de leur impulſion ; plutôt que par leur effet total, correſpondant à toute la durée de leur action ?

RÉPONSE. La raiſon en eſt, qu'on eſtime principalement les forces motrices, relativement à la réſiſtance des obſtacles qu'il faut vaincre. Or la réſiſtance des obſtacles à vaincre, exige qu'on faſſe principalement attention à la quantité du premier effort, lequel étant vaincu par la réſiſtance de l'obſtacle, rend nuls tous les efforts

qui

qui l'euffent fuivi, fi l'obftacle eût cédé.

Qu'une maffe d'un quintal foit précifément fuffifante pour réfifter, fans fe déplacer, à l'impulfion du corps A, qui va la heurter avec 2 degrés de vîteffe : une maffe de deux quintaux fera précifément fuffifante pour réfifter, fans fe déplacer, à l'impulfion du même corps A, qui ira la heurter avec quatre degrés de vîteffe.

On conçoit, & tout le monde convient, que ces deux forces mortes A × 2, A × 4, font entre elles comme 1 eft à 2. Cependant, fi dans ces deux cas l'obftacle venoit à être diminué d'une certaine quantité, ce qui eft fort étranger aux deux forces motrices; l'obftacle cédant à l'impulfion du premier choc, l'effet total de ces deux forces épuifées, feroit comme 1 dans le premier cas, comme 4 dans le fecond cas : parce que dans le premier cas, la force comme 1, feroit = 1 en quantité, = 1 en durée; 1 × 1 = 1 : & que dans le fecond cas la force comme 2, feroit = 2 en quantité, = 2 en durée; 2 × 2 = 4.

284. OBJECTION III. Soient deux boules A & B, mues fur un plan horifontal également réfiftant; A, d'une livre, avec une vîteffe 2; B, de deux livres, avec une vîteffe 1. Selon l'eftimation des antagoniftes de Leibnitz, ces deux boules ont une égale quantité de mouvement : felon les partifans de Leibnitz, la boule A doit avoir une quantité de mouvement deux fois plus grande que la boule B; puifque 1 × 4 quarré de 2, eft égal à 4; & que 2 × 1 quarré de 1, eft égal à 2 : donc la difpute fur cet objet n'eft pas fimplement une queftion de nom.

RÉPONSE. Les deux forces, que l'on compare ici, ſont deux forces vives; & de l'aveu des deux partis oppoſés, après l'épuiſement des forces, la boule A aura parcouru un eſpace égal à 4; la boule B, un eſpace égal à 2. La boule B étant double en maſſe, chacune de ſes moitiés eſt égale à toute la boule A: l'effet de la force motrice eſt donc le même dans ces deux boules; puiſque cette force motrice tranſporte d'une part une boule de deux livres à une diſtance connue 2; & de l'autre, une boule d'une livre, à une diſtance deux fois plus grande.

Ces deux forces motrices étant égales *en intenſité*, ſont auſſi égales *en durée;* mais celle qui a plus de vîteſſe parcourt deux eſpaces, tandis que l'autre n'en parcourt qu'un. Celle qui a plus de vîteſſe & moins de maſſe, n'éprouve, en parcourant deux eſpaces, qu'autant de réſiſtance qu'en éprouve celle qui a moins de vîteſſe & plus de maſſe, en parcourant un ſeul eſpace.

Il réſulte encore de-là, que la diſpute ſur l'eſtimation des forces, n'eſt qu'une queſtion de nom, où tout le monde eſt d'accord ſur les effets; mais que ces effets n'annoncent point, comme le prétendent les partiſans de Leibnitz, une diſtinction réelle entre les forces vives & les forces mortes.

ARTICLE SECOND.

OBSTACLES AU MOUVEMENT.

285. OBSERVATION. TOUS les corps n'ont pas une égale diſpoſition au mouvement: les uns

oppoſent plus, les autres oppoſent moins de réſiſtance aux forces qui les meuvent, au mouvement qui les anime; ſelon la diverſité de leurs figures, ſelon le plus ou le moins de poli dans leurs ſurfaces, ſelon la différence de leurs denſités, ſelon le plus ou le moins de réſiſtance des milieux où ils ſe meuvent.

I°. Soient poſés ſur un même plan horiſontal, un globe de plomb de dix livres, & un cube de plomb de dix livres, également polis l'un & l'autre dans leurs ſurfaces. Il vous ſera plus facile de mouvoir horiſontalement le globe, que le cube; & ſi vous imprimez le même mouvement à l'un & à l'autre, le mouvement imprimé ſubſiſtera plus long-tems dans le globe que dans le cube: donc *la figure d'un corps entre pour quelque choſe dans ſon plus ou moins de diſpoſition au mouvement.*

II°. Soient deux cubes égaux de marbre, l'un parfaitement poli, & poſé ſur un plan horiſontal très-poli; l'autre inégal & raboteux, & poſé ſur un plan horiſontal inégal & raboteux de même. Le premier cube ſe mettra plus facilement en mouvement, & conſervera plus long-tems ſon mouvement, que le ſecond: donc *le plus ou le moins de poli dans les ſurfaces, entre auſſi pour quelque choſe dans la différente mobilité des corps.*

III°. Soient deux cubes ſolides d'un pied de diametre, l'un de plomb, l'autre de carton, également polis dans leurs ſurfaces, & poſés ſur un plan horiſontal poli de même. Si vous voulez les faire gliſſer ſur ce plan, vous trouverez plus de réſiſtance dans le premier que dans le ſecond; & l'effort qu'il vous faudra faire pour mouvoir ces

deux corps, ſera proportionnel à leur denſité, ou à la quantité de matiere renfermée ſous leur même volume : donc *les corps oppoſent au mouvement une réſiſtance occaſionnée par leur denſité, & proportionnelle à leur denſité.*

IV°. Si deux corps de même volume, de même denſité, d'un même poli, d'une même figure, ſe meuvent l'un dans l'air, l'autre dans l'eau, ils éprouvent une inégale réſiſtance à leur mouvement : donc *la diverſité des milieux où les corps ſe meuvent, s'oppoſe plus ou moins à leur mobilité & à leur mouvement.*

La réſiſtance occaſionnée par la diverſité des denſités & par la diverſité des milieux, exige un développement à part, qui va faire le ſujet des deux paragraphes ſuivants.

PARAGRAPHE PREMIER.

LA FORCE D'INERTIE.

286. OBSERVATION. Il y a dans la matiere, comme nous venons de le remarquer, une réſiſtance au mouvement, occaſionnée préciſément par le plus ou le moins de matiere à mouvoir : cette réſiſtance, toujours proportionnelle à la quantité de matiere à déplacer, a été nommée par les phyſiciens, *force d'inertie*, qu'il ne faut point confondre avec ce que nous avons nommé ailleurs *inertie* de la matiere. (72.)

I°. On nomme *inertie de la matiere*, l'incapacité naturelle qu'elle a, de ſe donner par elle-même le mouvement & l'action : c'eſt dans la matiere une propriété purement négative. (75.)

II°. On nomme *force d'inertie* dans la matiere,

la réſiſtance ou l'obſtacle poſitif que la matiere oppoſe au mouvement, ſi elle eſt en repos; qu'elle oppoſe au repos ou à un mouvement différent, ſi elle ſe meut, préciſément à raiſon de ſa maſſe ou de ſa quantité: c'eſt dans la matiere une propriété poſitive, quelles qu'en ſoient & la nature & la cauſe.

Deſcartes attribue au ſimple repos des parties, cette réſiſtance au mouvement, qu'on éprouve dans un corps qu'il faut déplacer. Newton regarde cette réſiſtance au mouvement, comme une propriété naturelle de la matiere, en vertu de laquelle toute matiere en repos oppoſe au mouvement un obſtacle réel & poſitif, toujours proportionnel à ſa maſſe; ſans que le repos, qui n'eſt qu'une ſimple privation de mouvement, qui par conſéquent n'eſt rien de poſitif, influe pour rien dans cette réſiſtance poſitive au mouvement. Une matiere en mouvement oppoſe la même réſiſtance poſitive, & au repos, & à un mouvement différent de celui qui l'anime.

287. ASSERTION I. *Il y a dans tous les corps en repos une force d'inertie inhérente à leur nature, en vertu de laquelle ils oppoſent une réſiſtance poſitive au mouvement.* (fig. 14.)

DEMONSTRATION. Soient deux globes non élaſtiques A & B, égaux en volume, & d'une même matiere quelconque, ſuſpendus dans l'air ou dans le vuide, par de très-longs fils perpendiculaires. Que l'on écarte de ſa perpendiculaire le globe A, & qu'on le laiſſe tomber par un arc de 6 degrés vers ſa perpendiculaire. Si ce globe A, tombant par un arc de 6 degrés, ne rencontre point le globe B, qu'on aura écarté de

ſa route, il ſe mouvra à ſix degrés au-delà de ſa perpendiculaire: mais ſi ce même globe A rencontre ſur ſa route le globe B, de même maſſe que lui, il ne ſe porte avec le globe B qu'il chaſſe devant lui, qu'à trois degrés au-delà de ſa perpendiculaire. Sur quoi je raiſonne ainſi:

Le globe en repos oppoſe une réſiſtance au globe en mouvement : ſans quoi le globe en mouvement, après avoir rencontré le globe en repos, ſe porteroit à ſix degrés au-delà de ſa perpendiculaire, comme lorſqu'il ne rencontre aucun obſtacle. Car, pourquoi le globe en mouvement, en rencontrant le globe en repos, perdroit-il la moitié de ſon mouvement, ſi le globe en repos ne lui oppoſoit aucune réſiſtance? Donc il y a dans ce globe B, & par un jugement d'analogie, donc il y a dans un corps quelconque, une réſiſtance réelle & poſitive au mouvement, une réſiſtance inhérente à ſa nature, une réſiſtance indépendante de tous les obſtacles étrangers à ſa nature. Cette réſiſtance au mouvement, qui ſe fait ſentir également & dans le vuide & hors du vuide, eſt ce que nous nommons force d'inertie: donc il y a dans tous les corps, une force d'inertie inhérente à leur nature. C. Q. F. D.

288. ASSERTION II. *Cette force d'inertie eſt proportionnelle à la maſſe, ou à la quantité de matiere qui réſiſte.*

DEMONSTRATION. La force d'inertie étant inhérente à la matiere, il eſt clair qu'elle réſide dans chaque élément de matiere ; il eſt clair que la réſiſtance qu'elle oppoſe, doit être proportionnelle à la ſomme des éléments où elle réſide ; il eſt clair qu'elle doit être, comme les maſſes à

déplacer & à mouvoir, double dans une maſſe double, quadruple dans une maſſe quadruple ; & ainſi du reſte. C. Q. F. D.

289. ASSERTION III. *Cette force d'inertie eſt indépendante de la gravité des corps, ou n'a point pour cauſe la gravité des corps.*

DEMONSTRATION. Si on laiſſe tomber perpendiculairement un corps ſolide quelconque, livré aux impulſions de ſa gravité, & qu'on le frappe pendant ſa chûte d'un rapide coup de marteau ; on éprouve de la part de ce corps, une réſiſtance qui ne peut pas naître de ſa gravité : puiſque la gravité, loin de s'oppoſer à l'impulſion du marteau, ſouſtrait ce corps, autant qu'il eſt en ſon pouvoir, à cette impulſion du marteau. Ce corps, & tout corps, a donc une force d'inertie, une réſiſtance au mouvement, qui n'a point pour cauſe ſa gravité ou ſa peſanteur. C. Q. F. D.

290. ASSERTION IV. *Cette force d'inertie, cette réſiſtance au mouvement, eſt diſtinguée & indépendante du repos des parties.*

DEMONSTRATION. I°. Si cette force d'inertie, ſi cette réſiſtance au mouvement, n'eſt autre choſe dans les corps que le repos des parties, comme le penſa Deſcartes ; il s'enſuit qu'un corps d'une maſſe quelconque, d'une maſſe énormément grande, doit être déplacé & mis en mouvement par le plus petit effort, par le plus petit choc, par la plus légere impulſion du plus petit atome. Car le moindre effort, le plus petit choc, la plus légere impulſion, eſt un mouvement réel : or tout mouvement eſt néceſſairement op-

poſé au repos ; & le repos doit néceſſairement finir, où le mouvement exiſte, où le mouvement agit. Donc, ſi la force d'inertie n'eſt autre choſe que le repos des corps, un corps d'une maſſe quelconque devroit être mis en mouvement par le moindre effort, par la plus foible impulſion : ce qui eſt contre l'expérience, qui nous apprend qu'il y a des mobiles qu'un mouvement aſſez conſidérable ne déplace point, & dont la réſiſtance fait périr le mouvement qui les heurte (310). Donc il y a dans les corps une force d'inertie diſtinguée & indépendante du ſimple repos de leurs parties.

II°. Nous venons d'obſerver dans la démonſtration de l'aſſertion précédente, que cette force d'inertie exiſte & ſe fait ſentir dans les corps en mouvement, ainſi que dans les corps en repos : il eſt donc abſurde de vouloir confondre cette force d'inertie avec le repos des parties. C. Q. F. D.

291. ASSERTION V. *Cette force d'inertie eſt une dépendance de la loi générale d'impulſion.*

EXPLICATION. Le même Auteur de la nature, qui a établi les loix générales d'impulſion, qui a décerné que les corps recevroient tel mouvement à l'occaſion de tel choc, a décerné auſſi que les corps oppoſeroient telle réſiſtance au mouvement ; & que cette réſiſtance, ou cette force d'inertie, ſeroit proportionnelle à la maſſe des corps à déplacer & à mouvoir.

Cette force d'inertie n'eſt pas plus une qualité occulte dans la matiere, que le mouvement même de la matiere. La réſiſtance des corps, comme le mouvement des corps, eſt

l'effet de l'action du Créateur, laquelle donne à tout le mouvement ou le repos, selon des loix fixes & constantes par lui établies & par lui exécutées.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

292. OBJECTION I. L'air & les autres fluides, qui environnent un corps en repos, l'empêchent de céder librement à l'impulsion du corps qui les heurte : donc la résistance qu'oppose un corps en repos au corps en mouvement, doit être attribuée à la résistance des milieux, & non à une fabuleuse force d'inertie.

REPONSE. I°. Oter aux corps solides en repos la force d'inertie, pour l'attribuer à l'air & aux autres fluides environnants, c'est la détruire d'une main pour l'établir de l'autre.

II°. L'air & les autres fluides, qui environnent les corps en repos, peuvent à la vérité opposer quelque résistance au mouvement & au déplacement de ces corps : parce que l'air & les autres fluides, ainsi que tous les corps quelconques, ont une résistance ou une force d'inertie proportionnelle à leur masse, & qui s'oppose à leur mouvement.

Mais il est évident que les corps en repos opposent, aux corps qui les heurtent, une résistance indépendante de la résistance de l'air & des autres fluides environnants. Car, outre que cette résistance des corps en repos a lieu dans le vuide, de même à peu près que hors du vuide; la grandeur de cette résistance seroit proportionnelle à la grandeur des surfaces; & un globe de carton vernissé, d'un pouce de diametre, resisteroit

autant qu'un globe de plomb ou d'or de même diametre : ce qui eſt indubitablement faux.

293. OBJECTION II. La force d'inertie eſt toujours proportionnelle au poids des corps, ou à la quantité de leur matiere gravitante : ce qui ſemble indiquer que cette force d'inertie eſt identiquement la même choſe que la peſanteur. L'expérience même par laquelle on établit l'exiſtence de cette force d'inertie (287), ne prouve autre choſe que l'exiſtence d'une peſanteur dans le globe en repos, lequel ne peut s'écarter de ſa perpendiculaire, qu'en ſe mouvant contre la direction de ſa peſanteur.

REPONSE. La peſanteur des corps eſt proportionnelle à leur maſſe ; la force d'inertie des corps eſt auſſi proportionnelle à leur maſſe : mais la proportion de deux forces ne prouve pas l'identité de leur nature. La peſanteur n'agit que dans une ſeule direction, dans la direction centrale : la force d'inertie agit & réſiſte en tout ſens & ſelon toute direction. La premiere eſt donc diſtinguée de la ſeconde ; & la ſeconde, diſtinguée & indépendante de la premiere. Quant à ce que l'on objecte contre l'expérience qui établit la premiere aſſertion, ou l'exiſtence d'une force d'inertie dans les corps : (*fig.* 14.)

I°. Les deux globes étant ſuſpendus par de très-longs fils perpendiculaires l'un auprès de l'autre, comme le ſuppoſe l'auteur de cette ingénieuſe expérience ; le globe heurté, en parcourant un très-petit arc, ne s'éloigne qu'infiniment peu de la ligne horiſontale : il ne devroit donc oppoſer au globe frappant qu'une infiniment petite réſiſtance.

II°. Si un globe heurte un autre globe ſur un

plan horiſontal, dont tous les points ſont également éloignés du centre de la terre, le globe frappé oppoſe ſenſiblement la même réſiſtance que dans l'expérience qu'on vient de citer. Or la réſiſtance du globe heurté ſur le plan horiſontal, ne peut point être attribuée à la gravitation; puiſque ce globe ne s'éloigne point & ne tend point à s'éloigner du centre de la terre: pourquoi la réſiſtance du globe en repos ſeroit-elle plus attribuée à la gravitation, dans l'expérience que l'on attaque?

III°. Nous avons déja obſervé qu'un corps qui tombe librement ſelon la direction de ſa gravité, frappé ſelon la direction de cette gravité, ſoit dans le vuide, ſoit hors du vuide, oppoſe au corps frappant une réſiſtance qui évidemment ne peut naître de leur gravitation (289): donc il y a dans les corps une réſiſtance au mouvement, indépendante de leur gravitation. Cette force, indépendante de la gravitation, indépendante du repos des parties, indépendante de la réſiſtance des fluides environnants, c'eſt ce que nous nommons, d'après Newton, force d'inertie: donc il y a dans les corps, ſoit en repos, ſoit en mouvement, une force d'inertie inhérente à leur nature, & indépendante de toutes leurs autres propriétés.

294. OBJECTION III. Si les corps ont une force d'inertie proportionnelle à leur maſſe, comment un petit corps pourra-t-il déplacer un corps d'une maſſe vingt ou trente fois plus grande: puiſque la force d'inertie dans le corps plus grand, excede la force d'impulſion dans le corps plus petit?

REPONSE. La force d'inertie eſt une force

ſimple, une force toujours égale à elle-même, une force incapable d'augmentation & de diminution, tant que la maſſe reſte la même. La force d'impulſion au contraire, eſt une force compoſée, réſultante & de la maſſe & de la vîteſſe : une petite maſſe, multipliée par une vîteſſe ſuſceptible à l'infini d'augmentation, peut donc donner un produit, ou une quantité de force motrice, capable d'excéder la réſiſtance ou la force d'inertie qu'oppoſe une maſſe beaucoup plus grande que la maſſe frappante.

PARAGRAPHE SECOND.

LA RÉSISTANCE DES MILIEUX.

295. OBSERVATION. Deux obſtacles généraux s'oppoſent au progrès ou à la perſévérance du mouvement d'un corps, quand il rencontre d'autres corps ſur ſa route.

Le premier obſtacle eſt la *cohéſion des parties à déplacer* : tel eſt l'obſtacle qui arrête le progrès du mouvement d'un coin, qu'un violent coup de maſſue enfonce ou tend à enfoncer dans une bûche. Cet obſtacle, plus ou moins grand dans tous les corps durs & ſolides, ſe fait un peu ſentir dans quelques liquides ; mais il eſt inſenſible & comme nul dans les fluides, tels que l'air, le feu, la lumiere.

Le ſecond obſtacle eſt la *force d'inertie* des corps, ou la réſiſtance qu'oppoſent à leur déplacement les corps ſolides, liquides, fluides : tel eſt l'obſtacle que rencontre une balle dans l'eau ou dans le mercure, dont les éléments n'ont point de cohéſion ſenſible, ou n'ont

qu'une cohéfion évidemment infuffifante pour produire une auffi grande & auffi prompte diminution de mouvement dans cette balle.

296. DÉFINITION. On appelle *réfiftance des milieux*, l'obftacle qu'oppofent aux corps en mouvement, les fluides au milieu & au travers defquels ces corps fe meuvent.

I°. La terre, les planetes, les cometes, en fe mouvant autour du foleil, n'éprouvent aucune réfiftance fenfible : parce qu'elles fe meuvent dans le vuide; comme nous le démontrerons ailleurs. (1399.)

II°. Les corps qui fe meuvent auprès de la terre, éprouvent inévitablement quelque réfiftance : parce qu'ils fe meuvent inévitablement ou dans l'eau, ou dans l'air, ou dans d'autres fluides, qui ont néceffairement une maffe, & par-là même, une force d'inertie, ou une réfiftance au mouvement.

III°. Cette réfiftance des milieux a néceffairement pour fource & pour caufe, ou fimplement leur force d'inertie, qui leur eft commune avec tous les corps ; ou l'adhérence de leurs parties entre elles, fi ces fluides font compofés de molécules vifqueufes & cohérentes, qu'il foit plus facile de déplacer que de féparer.

297. REMARQUE I. La réfiftance de *cohéfion* ou de *vifcofité*, fe fait un peu fentir dans la plupart des huiles ; elle eft comme infenfible dans l'eau ; elle eft totalement imperceptible & doit être cenfée nulle dans l'air, dans la lumiere dans la matiere fubtile. Dans ces derniers fluides la feule force d'inertie peut oppofer une réfiftance fenfible au mouvement des corps qui les traverfent.

298. REMARQUE II. La réſiſtance de cohéſion, infiniment petite dans l'eau, ne doit être comptée pour rien dans les grands mouvements qui ont beaucoup de vîteſſe dans ce liquide : parce qu'alors l'action de cette force eſt ſenſiblement nulle en comparaiſon de la force qui lui eſt oppoſée. Mais quand ces mouvements ſont devenus comme infiniment petits, la cohéſion, qui eſt toujours conſtante, uniforme, proportionnelle au tems, peut avoir un effet ſenſible, en achevant de détruire par ſa réſiſtance, l'infiniment petite portion de mouvement qui reſte au mobile. Ainſi, un ſolide plus léger que l'eau, mu horiſontalement ſur un baſſin d'eau tranquille, arrive enfin à un repos entier & parfait, en vertu de l'infiniment petite cohéſion des parties aqueuſes, laquelle détruit à la fin efficacement un petit reſte de mouvement qui par ſa nature tendroit à ſubſiſter toujours en décroiſſant à l'infini par parties proportionnelles.

Dans la théorie que nous allons donner, nous ferons totalement abſtraction de cette réſiſtance de cohéſion, que nous regardons comme nulle dans les milieux où s'operent les grands mouvements de la nature ; & nous porterons toute notre attention ſur la réſiſtance d'inertie, qui a lieu dans tous les milieux & relativement à tous les corps.

299. ASSERTION I. *Si un même corps commence à ſe mouvoir avec une même vîteſſe dans différents milieux, la réſiſtance que lui oppoſent ces milieux eſt proportionnelle à leurs denſités.*

DÉMONSTRATION. Plus un fluide eſt denſe, plus il préſente de parties réſiſtantes au ſolide

qui le pénetre, & qui ne peut le pénétrer ſans déplacer un volume du fluïde égal à ſon volume. Moins un fluide eſt denſe, moins il oppoſe de parties réſiſtantes au corps qui le pénetre, & qui ne déplace toujours qu'un volume du fluide égal à ſon volume. Par exemple, un milieu trois fois plus denſe préſente trois fois plus de parties à déplacer : il doit donc évidemment oppoſer une réſiſtance trois fois plus grande ; & ainſi du reſte. Donc la réſiſtance qu'éprouve un corps qui commence à ſe mouvoir avec une même vîteſſe dans différents milieux, eſt proportionnelle à la denſité de ces milieux. C. Q. F. D.

300. ASSERTION II. *Si deux corps ſemblables, d'inégale grandeur, commencent à ſe mouvoir avec une même vîteſſe, dans un même milieu, la réſiſtance de ce milieu ſera proportionnelle aux ſurfaces des corps qui le traverſent.*

DÉMONSTRATION. Plus un corps a de ſurface ſolide & impénétrable, la ſeule dont il eſt ici queſtion, plus eſt grande la quantité du fluide qu'il heurte & qu'il déplace ; puiſqu'il heurte & déplace néceſſairement un volume du fluide égal à ſon volume. Plus la quantité du fluide heurté & déplacé eſt grande, plus le corps qui le pénetre rencontre de parties réſiſtantes ; puiſque chaque partie du fluide a ſa réſiſtance propre. Donc, plus un corps a de ſurface, plus il éprouve de réſiſtance de la part du milieu dans lequel il ſe meut ; & réciproquement, moins un corps a de ſurface, moins il éprouve de réſiſtance de la part de ce milieu. Donc ſi deux corps commencent à ſe mouvoir dans un même

milieu avec une même vîteſſe, la réſiſtance que leur oppoſera ce milieu, ſera proportionnelle à leur ſurface. C. Q. F. D.

301. REMARQUE. Un globe de bois & un globe de plomb, de même diametre, mus dans l'air avec une même vîteſſe, éprouvent une égale réſiſtance. Mais le globe de plomb triomphe plus aiſément de cette réſiſtance; parce qu'ayant autant de vîteſſe & plus de maſſe que le globe de bois, il a plus de force motrice à oppoſer à la colonne d'air qui lui réſiſte. Suppoſons que les ſommes de mouvement dans ces deux globes, ſoient entre elles comme 20 eſt à 100 : quand la réſiſtance de l'air aura fait perdre dix degrés de mouvement à ces deux globes, le globe de bois aura perdu la moitié de ſon mouvement, tandis que le globe de plomb n'aura perdu qu'un dixieme du ſien. Le mouvement du dernier, plus grand en intenſité, ſera auſſi plus grand en durée.

302. ASSERTION III. *Si un même corps commence à ſe mouvoir dans un même milieu, par exemple, dans l'air, avec différentes vîteſſes; la réſiſtance de ce milieu ſera proportionnelle au quarré de la vîteſſe du corps qui le pénetre.*

DÉMONSTRATION. Qu'un globe ſe meuve, avec une vîteſſe qui lui faſſe parcourir une toiſe en une ſeconde, au travers d'un fluide quelconque, de l'air, par exemple : dans une ſeconde il déplacera une colonne du fluide, d'une toiſe de longueur; & il imprimera à toutes les molécules du fluide déplacé, une vîteſſe égale à la ſienne.

Que ce même globe ſe meuve enſuite dans le même

même fluide, avec une vîteſſe qui lui faſſe parcourir deux toiſes en une ſeconde : dans une ſeconde il déplacera une colonne du fluide, de deux toiſes de longueur ; & il imprimera à toutes les molécules du fluide déplacé, une vîteſſe égale à la ſienne, c'eſt-à-dire, double de la précédente.

Dans le premier cas, le mobile déplace une quantité du fluide comme 1, à laquelle il imprime une vîteſſe comme 1 : cemobile, qui perd autant de mouvement qu'il en communique, & qui ne communique de mouvement qu'autant qu'il éprouve de réſiſtance, perd une quantité de mouvement dont la maſſe eſt 1, la vîteſſe 1, le produit $1 \times 1 = 1$.

Dans le ſecond cas, le mobile déplace une quantité du fluide comme 2, à laquelle il imprime une vîteſſe comme 2 : ce mobile perd donc une quantité de mouvement dont la maſſe eſt 2, la vîteſſe 2, le produit $2 \times 2 = 4$. Le mouvement perdu par le mobile, & par conſéquent la réſiſtance oppoſée par le fluide, eſt donc dans ces deux cas, comme 1 eſt à 4 ; c'eſt-à-dire, comme le quarré de la premiere vîteſſe eſt au quarré de la ſeconde.

La théorie que nous venons d'appliquer à ces deux exemples de vîteſſes inégales, eſt une théorie générale, qu'il eſt facile d'appliquer de même à tous les cas poſſibles de vîteſſes différentes. Par exemple, ſi les vîteſſes d'un même mobile, dans un même milieu, étoient comme 1 eſt à 10, les réſiſtances du fluide relativement à ce mobile, ſeroient également comme les quarrés des vîteſſes, ou comme 1 eſt à 100 : parce que dans le ſecond cas, le mobile, avec

une vîteſſe comme 10, déplaceroit dans un tems déterminé, une colonne du fluide dix fois plus grande; & imprimeroit à chaque molécule de cette colonne dix fois plus grande, un mouvement dix fois plus grand. Or un mobile ne peut communiquer un mouvement dix fois plus grand à toutes les molécules d'une colonne dix fois plus grande, ſans lui donner une quantité de mouvement cent fois plus grande : d'ailleurs un mobile ne peut communiquer à un corps un mouvement cent fois plus grand, ſans perdre ce mouvement qu'il communique; & il ne peut perdre ce mouvement cent fois plus grand, ſans éprouver une réſiſtance cent fois plus grande, qui le lui raviſſe ſelon les loix de la communication du mouvement.

Il réſulte de tout cela, que la réſiſtance d'un même milieu, relativement à un même mobile, mu avec différentes vîteſſes dans ſon ſein, eſt toujours proportionnelle au quarré de la vîteſſe qui anime ce mobile. C. Q. F. D.

DIVERS COROLLAIRES.

303. COROLLAIRE I. *La réſiſtance reſpective qu'éprouvent deux globes en mouvement, dans un même fluide, eſt le produit de leurs ſurfaces reſpectives par le quarré de leurs vîteſſes reſpectives.* C'eſt une ſuite évidente des deux dernieres aſſertions.

304. COROLLAIRE II. *La réſiſtance reſpective qu'éprouvent deux globes en mouvement, dans deux fluides de différente denſité, eſt reſpectivement comme le produit de leurs ſurfaces par les quarrés de leurs vîteſſes, multiplié par la denſité des fluides dans leſquels l'un & l'autre globe ſe meut.* C'eſt une ſuite évidente des trois aſſertions que nous venons expliquer & de démontrer.

305. COROLLAIRE III. *Un corps qui ſe meut dans un même fluide, avec une vîteſſe initiale que rien ne tend à accélérer, éprouve une réſiſtance qui diminue ſans ceſſe, comme les quarrés des vîteſſes qui lui reſtent à la fin de chaque tems donné.* C'eſt encore ici une ſuite de la troiſieme aſſertion. A la fin de chaque tems déterminé, la vîteſſe du mobile a été diminuée par la réſiſtance que le mobile a éprouvée pendant le tems écoulé : or comme la réſiſtance eſt toujours proportionnelle au quarré de la vîteſſe actuelle, il eſt clair que cette réſiſtance eſt toujours comme le quarré de la vîteſſe qui reſte à la fin de chaque tems donné, pendant lequel elle a été diminuée.

L'expérience & la théorie ont appris de concert, que la réſiſtance qu'oppoſe un fluide au mouvement d'un corps qui le traverſe avec une vîteſſe toujours décroiſſante, n'eſt que la moitié de la réſiſtance qu'eût éprouvé ce même mobile, s'il ſe fût mu perſévéramment avec ſa vîteſſe initiale : qu'en conſéquence, ce mobile n'a perdu, au bout d'un tems donné, que la moitié du mouvement qu'il eût perdu dans ce même tems, ſi ſa vîteſſe primitive n'eût ſouffert aucune diminution.

ARTICLE TROISIEME.

LOIX GÉNÉRALES DU MOUVEMENT.

306. DÉFINITION. ON nomme *loix générales du mouvement*, la maniere uniforme & conſtante dont s'opere, ſe conſerve, ou ſe dé-

truit le mouvement dans tous les corps. L'auteur de ces loix, c'est l'Auteur même de la nature, dont l'efficace volonté est & la seule cause primitive, & la seule cause efficiente du mouvement qui la regle & qui l'anime (76). La connoissance de ces loix dépend plus de l'observation que du raisonnement : puisqu'elles émanent d'un être infiniment puissant & infiniment libre, qui a été parfaitement le maître de donner à la nature, telles loix qu'il lui a plu.

PREMIERE LOI.

307. *Un corps qui a commencé à se mouvoir, conserve & la même direction & la même vîtesse, jusqu'à ce que quelque nouvelle cause occasionne un changement ou dans sa vîtesse, ou dans sa direction.*

DÉMONSTRATION I. Tout corps a en partage l'inertie, l'indifférence passive au repos ou au mouvement, à tel mouvement ou à tel autre mouvement différent (75) : donc un corps ne peut passer d'un état à un autre, par une vertu intrinseque qui lui soit propre : donc un corps ne peut passer du repos au mouvement, du mouvement au repos, d'un mouvement à un mouvement différent, que par l'influence d'une cause étrangere à sa nature. Donc si un corps a commencé à se mouvoir par l'influence d'une cause quelconque, avec une telle vîtesse & avec une telle direction, ce corps conservera & cette vîtesse & cette direction primitives, jusqu'à ce que quelque nouvelle cause, ou quelque nouvelle action de la même cause, occasionne un changement ou dans sa vîtesse, ou dans sa direc-

tion, ou dans l'une & dans l'autre à la fois. C. Q. F. D.

DEMONSTRATION II. Cette théorie métaphysique est parfaitement d'accord avec l'expérience. Car toutes les fois que nous voyons un corps en mouvement, souffrir quelques changements ou dans sa direction ou dans sa vîtesse, nous découvrons & nous voyons que tel changement est dû à telle ou telle cause : d'où il est naturel de conclure que le corps en mouvement auroit persévéramment conservé & sa vîtesse & sa direction primitives, si aucune nouvelle cause n'eût eu prise sur lui ; si aucune nouvelle cause ou aucune nouvelle action de la même cause, n'eût occasionné un changement dans son mouvement, soit en l'augmentant, soit en le diminuant, soit en l'infléchissant. C. Q. F. D.

SECONDE LOI.

308. *Un corps en mouvement tend naturellement & autant qu'il est en lui, à se mouvoir par une ligne droite.*

DEMONSTRATION I. Un corps ne peut se mouvoir, sans passer du point qu'il occupe, au point qui suit immédiatement : or ces deux points contigus de l'espace, font nécessairement une infiniment petite ligne droite : donc un corps ne peut se mouvoir, sans commencer à se mouvoir par une infiniment petite ligne droite. Mais, par la premiere loi que nous venons de démontrer, un corps ne peut recevoir aucun changement dans son mouvement primitif, sans l'influence de quelque cause qui fasse naître ce changement : donc s'il n'y a point de cause qui occasionne ce

changement, un corps en mouvement doit continuer ſans ceſſe à ſe mouvoir, comme il a commencé à ſe mouvoir. Or ce corps a néceſſairement commencé à ſe mouvoir par une ligne droite: donc il doit continuer à ſe mouvoir par une ligne droite. Donc un corps, qui a été mis en mouvement, qui a été tiré de ſon inertie naturelle, qui a reçu & acquis une force motrice, tend naturellement & autant qu'il eſt en lui, à ſe mouvoir par une ligne droite. C. Q. F. D.

DEMONSTRATION II. L'expérience s'accorde encore ici parfaitement avec la théorie. Car nous ne voyons aucun corps ſe mouvoir en ligne courbe, ſans qu'il y ait une cauſe qui infléchiſſe à chaque inſtant la direction de ſon mouvement; & ſans que le corps dont le mouvement eſt ſans ceſſe infléchi, lutte avec effort contre la cauſe qui l'infléchit à chaque inſtant: donc l'expérience nous apprend que tout corps en mouvement, tend naturellement & autant qu'il eſt en lui, à ſe mouvoir en ligne droite. C. Q. F. D.

309. REMARQUE. Cette ſeconde loi du mouvement, eſt ſuſceptible de quelques éclairciſſements, qui acheveront de lui donner toute la lumiere qu'elle exige.

I°. Une pierre qui circule dans la poche d'une fronde, lutte ſans ceſſe contre le doigt qui la retient; & à l'inſtant qu'on lâche une extrêmité de la fronde, la pierre s'échappe & s'enfuit par la tangente au cercle qu'elle décrivoit: donc cette pierre, ainſi que tout autre corps, tend naturellement à ſe mouvoir en ligne droite, & s'oppoſe, autant qu'il eſt en ſon pouvoir, à l'action qui infléchit ſon mouvement.

II°. Le mouvement d'un corps en ligne courbe, eſt moins un état, qu'un continuel changement d'état; puiſque ce corps eſt forcé à chaque inſtant de prendre une direction contraire à ſa tendance naturelle.

III°. Quand une roue tourne rapidement ſur ſon axe, toutes ſes parties tendent naturellement à s'échapper du cercle qu'elles décrivent, par une infinité de lignes droites; & ſi elles n'étoient pas retenues par leur adhérence naturelle, elles s'enfuiroient toutes par des tangentes au point qu'elles occupent; comme font les gouttes d'eau qu'on laiſſe tomber ſur cette roue.

IV°. Si on attache un petit vaſe au bout d'une ficelle, & qu'après l'avoir empli d'eau, on le faſſe tourner circulairement, comme une pierre dans une fronde; l'eau ne s'échappera pas du vaſe: parce que toutes les gouttes d'eau, emportées par la force centrifuge qui les fait circuler, tendent à s'éloigner du centre de leur mouvement & à s'appliquer à la partie concave du vaſe, avec plus de force qu'elles ne tendent à s'approcher du centre de la terre. Si le fond du vaſe étoit percé, elles s'échapperoient ſucceſſivement par la tangente au cercle plus ou moins régulier qu'elles décrivent; & leur mouvement commencé par la tangente, ne s'infléchiroit que par l'influence d'une cauſe toujours ſubſiſtante & toujours agiſſante, qui eſt leur gravité ou leur peſanteur.

V°. Une toupie roule circulairement ſur ſon axe: parce que la ficelle qui la lance ou qui la frappe, s'entortillant autour d'elle, imprime à toutes ſes parties, en ſe déployant, un mouvement en vertu duquel chacune de ces

parties tend à s'enfuir par une tangente ; & comme toutes ces parties ſont adhérentes & en équilibre en tout ſens autour de l'axe, leur mouvement centrifuge ou axifuge, par-tout arrêté, ſe convertit en mouvement circulaire ; comme le mouvement d'une pierre dans la fronde.

TROISIEME LOI.

310. *Le mouvement ſe perd dans un corps, ou par la communication qui le tranſporte à un autre corps, ou par la réſiſtance qui le détruit purement & ſimplement.* (fig. 14 & 12.)

DÉMONSTRATION I. L'expérience nous apprend d'abord que le mouvement ſe perd par la communication. Car le mouvement diminue ou ceſſe dans un corps, à meſure & dans la même proportion que le mouvement naît ou s'augmente dans les corps que heurte & déplace le corps en mouvement. Par exemple, ſi la boule A, écartée de ſa perpendiculaire, tombe par un arc de ſix degrés ; elle s'éleve à environ ſix degrés au-delà de ſa perpendiculaire, ſuppoſé qu'elle ne rencontre aucun obſtacle ſur ſon paſſage. Mais ſi elle rencontre la boule B, d'égale maſſe & ſans élaſticité, elle ne s'éleve qu'à trois degrés au-delà de la perpendiculaire : la boule A perd donc de ſon mouvement, & elle en perd préciſément autant qu'elle en communique à la boule qu'elle déplace.

Par exemple encore, ſi A, au lieu d'être une boule, eſt un pendule P ſuſpendu par un fil de fer, & tombant vers ſa perpendiculaire par un arc de cinq ou ſix degrés ; on obſervera que ce pendule mu dans la direction de ſon tranchant,

fait plus de vibrations, avant d'arriver au repos, dans le vuide qu'en plein air; parce que l'air qu'il déplace lui ravit une partie de ſon mouvement: & que ſi le tranchant inférieur de ce pendule, pendant qu'il fait ſes oſcillations, s'enfonce à une petite & même profondeur, tantôt dans le mercure, tantôt dans l'eau; trois oſcillations dans le mercure lui font perdre autant de mouvement, que quarante deux oſcillations dans l'eau. Sur quoi je raiſonne ainſi.

Le mercure étant environ 14 fois plus denſe que l'eau, un pendule P mu dans le mercure déplace pendant une oſcillation, quatorze fois plus de matiere, que lorſqu'il eſt mu dans l'eau: déplaçant quatorze fois plus de matiere, à laquelle il imprime une même vîteſſe, ſavoir, ſa vîteſſe propre, il communique 14 fois plus de mouvement au mercure qu'à l'eau; puiſque les vîteſſes étant égales, les quantités de mouvement, ſont comme les maſſes: communiquant 14 fois plus de mouvement au mercure qu'à l'eau, ſi le mouvement ſe perd dans la même proportion qu'il ſe communique, le pendule doit perdre, pendant une oſcillation dans le mercure, autant de mouvement, que pendant quatorze oſcillations dans l'eau; pendant trois oſcillations dans le mercure, autant que pendant quarante-deux oſcillations dans l'eau. C'eſt préciſément ce que nous montre l'expérience que nous venons de rapporter. Donc l'expérience nous apprend, non-ſeulement que le mouvement ſe perd par la communication, mais que ce mouvement ſe perd dans un corps, dans la même proportion qu'il ſe communique à un autre corps. C. Q. F. D.

DEMONSTRATION II. L'expérience nous ap-

prend encore, que le mouvement ſe perd ou périt par la réſiſtance. Car, ſoient deux corps mous, par exemple, deux globes d'argille humide, égaux en maſſe & en vîteſſe, qui, ſuſpendus chacun par un fil, & écartés également de leur perpendiculaire, viennent ſe heurter en des ſens oppoſés en A B. Après le choc, l'un & l'autre globe reſte en repos; parce que l'un s'oppoſe & réſiſte également à l'autre : donc le mouvement ſe perd & périt ſimplement par la réſiſtance. La même expérience & le même raiſonnement auroient lieu, ſi le choc dont on vient de parler, ſe faiſoit entre deux corps parfaitement durs & nullement élaſtiques. C. Q. F. D.

QUATRIEME LOI.

311. *Si un corps en mouvement éprouve quelque changement dans ſa vîteſſe ou dans ſa direction, ce changement ſera proportionnel à la cauſe qui le produit.*

DEMONSTRATION. Il eſt clair, en premier lieu, qu'une cauſe ne peut pas produire un effet plus grand que ſon activité : donc le changement produit dans un corps en mouvement, ne peut pas excéder l'activité de la cauſe qui l'occaſionne. On ſait, en ſecond lieu, que les cauſes motrices ſont des cauſes néceſſaires, qui agiſſent toujours ſelon toute l'étendue de leur activité : donc l'activité de la cauſe eſt toujours proportionnelle à la quantité de l'effet. Donc un effet double ou triple, annonce une activité double ou triple dans la cauſe : donc une activité double ou triple dans la cauſe, eſt toujours connexe avec une quantité double ou triple dans

l'effet. Donc la grandeur de l'effet, fait connoître l'activité de la cause qui le produit ; & l'activité de la cause, fait connoître la quantité de l'effet qui doit être produit. C. Q. F. D.

312. REMARQUE. L'ame humaine, soit qu'elle soit cause efficiente, soit qu'elle ne soit que cause occasionnelle du mouvement (*Met.* 553), n'est point une cause ou force motrice proprement dite : puisque les causes ou forces motrices dont il est question dans la physique, sont toujours une action résultante d'une masse multipliée par une vîtesse. Par l'acte de sa volonté, l'ame humaine produit ou ocasionne librement dans les esprits animaux ou dans les fibres & dans les muscles de son corps, une plus ou moins grande somme de mouvement. Le mouvement de ces esprits animaux, de ces fibres & de ces muscles, voilà la cause ou la force motrice proprement dite dans l'homme ; force aussi nécessaire en elle-même, & aussi inévitablement connexe avec son effet, quand elle existe, que la force motrice d'une machine à leviers & à poulies : avec cette seule différence, que la force motrice dans une machine, est nécessaire & dans son existence & dans son influence ; au lieu que la force motrice dans l'homme, nécessaire dans son influence, dépend de l'ame libre, quant à son existence ; parce que l'ame qui met librement en jeu ses forces motrices, est la maitresse d'en empêcher, d'en modifier, d'en suspendre l'action, comme il lui plaît, en ce qui concerne les mouvemens libres du corps qu'elle anime.



OBJECTIONS A RÉFUTER.

313. OBJECTION I. Si la *premiere loi* du mouvement eſt vraie & réelle, ſi tous les corps tendent naturellement à conſerver toujours le même mouvement dont ils ſont une fois animés, il s'enſuit :

I°. Que la nature s'eſt impoſé abſurdement une loi qu'elle ne ſuit jamais : puiſque tous les corps ſoumis à nos obſervations, éprouvent des changemens continuels & dans leur direction & dans leur vîteſſe.

II°. Que tout mouvement une fois exiſtant devroit être naturellement un mouvement perpétuel : quoiqu'il conſte que tous les corps tendent naturellement au repos, & que le mouvement perpétuel répugne dans l'ordre phyſique.

III°. Que Dieu, unique auteur de tout mouvement, ayant commencé à mouvoir un corps, devroit être obligé à mouvoir perſévéramment ce corps de la même maniere : ce qu'on n'a aucune raiſon d'affirmer.

RÉPONSE. I°. La nature ne s'eſt point impoſé une loi chimérique, en s'impoſant la loi qu'on attaque. En vertu de cette *premiere loi*, tout mouvement doit perſévérer tel qu'il a commencé, à moins que quelque cauſe ne lui occaſionne du changement : or toutes les fois qu'il arrive quelque changement dans le mouvement, il y a quelque cauſe qui occaſionne ce changement : donc la nature ſuit conſtamment & perſévéramment la loi qu'elle s'eſt impoſée, ou plutôt, qui lui a été impoſé par ſon Auteur.

Un corps qui ſe meut dans une direction quelconque auprès de la terre, éprouve toujours une réſiſtance de la part des fluides qu'il déplace néceſſairement. Un corps qui ſe meut de bas en haut, éprouve une réſiſtance de la part de ſa gravité, qui diminue ſans ceſſe ſon mouvement. Un corps qui ſe meut de haut en bas, reçoit ſans ceſſe de la part de ſa gravité de nouvelles impulſions, qui augmentent & accélerent ſon mouvement. Un corps qui ſe meut horiſontalement dans la région de l'air, eſt ſans ceſſe ſollicité & déterminé par ſa gravité, à s'approcher du centre de la terre; & s'il ſe meut horiſontalement ſur un plan plus ou moins poli, il eſſuie une réſiſtance de la part de ſa gravité, qui, l'appliquant & le preſſant continuellement contre le plan, oppoſe inceſſamment au mouvement horiſontal, un obſtacle à vaincre, un obſtacle capable de le détruire à la fin totalement. On voit par là que, ſi les corps paroiſſent tendre naturellement ou au repos, ou à un changement de mouvement; cette-tendance a pour ſource, non leur nature même, mais la réſiſtance ou l'action d'une foule de cauſes, étrangeres & à leur nature & à leur mouvement actuel.

II°. En vertu de cette premiere loi, tout mouvement devroit être identiquement permanent, ſi aucune cauſe ne s'oppoſoit à ſon identique permanence. Mais comme nous ne connoiſſons aucune eſpece de mouvement, qui ne rencontre dans la nature, des cauſes propres à changer ſans ceſſe ou ſa direction, ou ſa vîteſſe; il s'enſuit qu'en vertu de cette premiere loi, tout mouvement dans la nature, loin d'être conſtam-

ment le même, ſelon ſon exigence naturelle & intrinſeque, doit conſtamment changer, ſelon l'occurrence & l'exigence des cauſes deſtinées à opérer ces changemens.

Le mouvement perpétuel répugne naturellement: parce que, pour que le mouvement perpétuel eût lieu, il faudroit, ou qu'un corps en mouvement pût continuer à ſe mouvoir ſans ceſſe, ſans rencontrer aucun obſtacle; ou qu'un corps en mouvement pût produire dans un reſſort ou dans une machine qu'il iroit mettre en jeu, un mouvement plus grand que ſon propre mouvement, un mouvement qui retournant tout entier dans ſa cauſe, pût réparer les pertes continuelles qu'elle eſſuie à l'occaſion des obſtacles oppoſés à ſon mouvement primitif. L'une & l'autre hypotheſe paroît impoſſible dans l'état naturel des choſes: donc dans l'état naturel des choſes, le mouvement perpétuel eſt chimérique.

III°. L'Auteur de la nature & du mouvement, eſt un être eſſentiellement ſage, conſéquent, immuable, incapable d'agir par caprice & ſans raiſon: ce qu'il a une fois établi & décerné, eſt décerné & établi pour toujours (*Met.* 431). Ainſi, affirmer que le mouvement donné à un corps par l'Auteur de la nature, ne changera point, s'il n'y a pas de cauſe qui en exige le changement; c'eſt affirmer ſimplement que l'Auteur de la nature eſt un être invariable dans ſes volontés & dans ſon action, un être toujours conſéquent à lui-même, & incapable d'agir par boutade & ſans raiſon: ce qui, loin d'être une abſurdité, eſt un principe très-certain & très-philoſophique. Cette cauſe ou cette raiſon

de changement dans le mouvement d'un corps, eſt ou l'action de ſa gravité, ou la réſiſtance des fluides, ou le choc de différents corps : cauſes dont on apperçoit toujours ou ſéparément ou conjointement l'influence, toutes les fois qu'on voit du changement dans le mouvement d'un corps.

314. OBJECTION II. Si la *ſeconde loi* du mouvement eſt vraie & réelle, ſi tout corps en mouvement, tend naturellement à ſe mouvoir par une ligne droite, il s'enſuit:

I°. Que le mouvement en ligne courbe, elliptique ou circulaire, eſt un mouvement contre nature; puiſque c'eſt un mouvement contraire à l'exigence naturelle de tous les corps en mouvement. Or la terre, les planetes, les cometes, ſe meuvent en ligne courbe autour du ſoleil : le ſoleil lui-même ſe meut en ligne courbe, au centre du monde planétaire, autour de ſon centre & de ſon axe; & il eſt aſſez probable que les étoiles ont un mouvement ſemblable à celui du ſoleil, un mouvement de rotation autour de leur axe ſenſiblement immobile. Donc tous les corps les plus notables de l'univers, auroient un mouvement contre nature.

II°. Qu'un corps mu en ligne courbe, elliptique ou circulaire, tend à ſe mouvoir par la tangente : or un corps ne peut tendre à ſe mouvoir par la tangente. Car un corps mu en ligne circulaire ou elliptique, par exemple, la terre mue autour du ſoleil, ne peut tendre à ſe mouvoir par la tangente à ſa courbe, ſans tendre à s'éloigner du centre de ſon mouvement : or la terre ne peut tendre naturellement à s'éloigner du centre de ſon mouvement, du centre du ſo-

leil; ſans quoi elle tendroit naturellement & à s'approcher & à s'éloigner du centre du ſoleil; ce qui eſt contradictoire.

III°. Que la végétation des plantes, que la circulation du ſang dans les animaux, s'opéreroient par des mouvements totalement contraires à l'exigence d'une loi primitive du mouvement: puiſque ces mouvements, dans les plantes & dans les animaux, ne ſe font point, du moins pour la plupart, en ligne droite.

REPONSE. I°. Comme dans une courbe quelconque, par exemple dans un cercle, deux points immédiatement contigus font néceſſairement une ligne droite; il eſt évident qu'un cercle eſt un polygone d'une infinité de côtés, qui ſont tout autant de petites lignes droites: donc un corps, mu en ligne circulaire, ſe meut néceſſairement par une infinité de lignes droites, dont la direction eſt ſans ceſſe infléchie par la cauſe qui exige inceſſamment cette inflexion: donc, en ſe mouvant circulairement, un corps ſuit, autant qu'il eſt en lui, la loi générale qu'on attaque.

Cette permanente inflexion ou interruption de mouvement dans un corps qui ſe meut en ligne courbe, eſt contre l'exigence naturelle du mouvement initial, ſelon lequel ce corps commence à chaque inſtant à ſe mouvoir: s'enſuit-il delà que l'interruption ou l'inflexion de ce mouvement ſoit contre nature? Non: parce que la nature d'un mouvement commencé n'exige pas qu'il ne ſoit point abſolument interrompu, mais ſimplement qu'il ne ſoit point interrompu ſans l'influence d'une cauſe qui en exige l'interruption.

II°. Un corps animé d'un mouvement elliptique

tique ou circulaire, par exemple, la terre mue autour du ſoleil, tend à chaque inſtant, en vertu du ſimple mouvement qui l'anime, à s'enfuir par la tangente; & par là même, à s'éloigner du centre du ſoleil. Mais en vertu d'une autre cauſe, ſavoir, en vertu de ſa gravitation, la terre tend auſſi à chaque inſtant à s'approcher du centre du ſoleil. De cette double cauſe, naît la continuelle inflexion du mouvement de la terre autour du ſoleil, comme nous l'expliquerons ailleurs plus amplement. Il eſt donc faux qu'en vertu de la même cauſe, un corps tende contradictoirement à s'approcher & à s'éloigner du centre de ſon mouvement.

III°. Dans la végétation des plantes, dans la circulation du ſang & des humeurs chez les animaux, tout mouvement tend à s'effectuer en ligne droite, & cependant preſque tout mouvement s'effectue en lignes courbes ou anguleuſes: parce que dans les animaux & dans les végétaux, le mouvement s'effectue par une infinité de canaux, qui infléchiſſent preſque ſans ceſſe la direction des fluides deſtinés à leur conſervation ou à leur accroiſſement. Les mouvements ſans ceſſe infléchis & détournés de ces fluides, ne ſont point contre nature: parce que, comme nous venons de l'obſerver, la nature du mouvement exige ſimplement que le mouvement ne ſoit point changé ſans l'influence de quelque cauſe; & que les ſinuoſités des canaux où coulent les fluides dans les animaux & dans les végétaux, exigent par leur réſiſtance, que le mouvement de ces fluides prenne ſans ceſſe leur direction.

315. OBJECTION III. Si la *troiſieme loi* du mou-

vement eſt vraie & réelle, ſi le mouvement périt purement & ſimplement par la réſiſtance ; l'univers devroit depuis long-tems être privé de tout mouvement ; la nature entiere devroit être plongée dans une inaction totale & générale : puiſque tous les corps de la nature éprouvent ſans ceſſe & par-tout, des réſiſtances deſtructrices de leur mouvement.

D'ailleurs la preuve d'expérience, ſur laquelle on établit principalement cette loi, eſt-elle bien concluante & bien démonſtrative ? Ne pourroit-on pas dire avec Deſcartes, que le mouvement de deux corps, durs ou mous, qui s'entre-choquent en des ſens oppoſés, eſt communiqué à l'air & aux fluides environnants, par le frémiſſement interne des parties ; au lieu de dire avec Newton, que ce mouvement eſt purement & ſimplement détruit & anéanti ?

REPONSE. L'action de la nature n'a rien à craindre de la loi qu'on attaque ; & l'expérience qui établit cette loi, eſt très-concluante & très-déciſive.

I°. Les *mouvements généraux* de la nature, les mouvements qu'on peut regarder comme *eſſentiels* à ſa conſtitution, n'éprouvent aucune réſiſtance connue, dans l'hypotheſe démontrée des vuides immenſes de Newton (1399) : donc ces mouvements généraux, ces mouvements eſſentiels, ne peuvent point être détruits par la voie de la réſiſtance. La terre, les planetes, les cometes, en vertu d'un mouvement projectile qui tend à s'effectuer par la tangente à leur courbe, & d'un mouvement central qui tend à s'effectuer par le rayon de leur courbe, font leurs révolutions périodiques autour du ſoleil, ſans éprou-

ver d'autre réſiſtance que l'infiniment petite percuſſion de la lumiere qui, dardée ſans ceſſe contre leur ſurface, tend néceſſairement à augmenter leur mouvement d'une part, autant précisément qu'elle tend à le diminuer de l'autre. La réſiſtance que la force projectile oppoſe à la force centrale, & que la force centrale oppoſe à la force projectile, ne tend & n'aboutit, comme nous l'expliquerons & le démontrerons ailleurs, qu'à entretenir ou à faire renaître l'équilibre entre ces deux forces, & à empêcher que l'une des deux ne devienne perſévéramment prédominante.

II°. Les *mouvements particuliers* de la nature, les mouvements qu'on peut regarder comme *accidentels* à la conſtitution de l'univers, peuvent ſe réparer en mille & mille manieres, à meſure qu'ils périſſent par la voie de la réſiſtance. Par exemple, les mouvements des plantes & des animaux, quand les individus périſſent, ſont réparés par la formation de nouveaux individus ſemblables. Le mouvement diminué par le froid pendant l'hiver, eſt réparé par le retour du printems & de l'été. Le mouvement que peut faire périr la réſiſtance dans le regne animal, dans le regne végétal, dans le regne minéral, eſt réparé par l'action de la lumiere & du feu que le ſoleil darde ſans ceſſe ſur la terre. Le mouvement que pourroit perdre la maſſe de l'air par la réſiſtance que lui oppoſent ſi ſouvent les forêts & les montagnes, eſt ſans ceſſe réparé par ſon élaſticité, qui lui rend en un ſens oppoſé tout le mouvement que la réſiſtance lui a fait perdre.

III°. Dire que le mouvement qui ſemble périr

dans le choc opposé de deux corps, durs ou mous, peut être communiqué aux fluides environnants, c'eſt recourir à une mauvaiſe raiſon pour ſoutenir une mauvaiſe cauſe. Car il conſte par des expériences certaines & non conteſtées, que ſi deux corps mous ſe meuvent dans la même direction, en telle ſorte que celui qui précede, aille deux fois ou quatre fois plus lentement que celui qui le ſuit; après le choc, les deux corps heurtés & comprimés ſe meuvent dans la même direction, avec la ſomme entiere de leur mouvement primitif: donc leur mouvement primitif, qu'ils conſervent tout entier après le choc & après la compreſſion, n'a pas été communiqué à l'air & aux fluides environnants, par le frémiſſement interne des parties. Or, ſi le mouvement n'eſt pas communiqué à l'air & aux fluides environnants par le frémiſſement interne des parties, quand deux corps ſe choquent en ſe mouvant dans la même direction; pourquoi le mouvement ſeroit-il communiqué à l'air & aux fluides environnants, quand deux corps ſe choquent en ſe mouvant dans des directions oppoſées? S'il y a réellement dans le choc des corps mous, ou des corps durs & non élaſtiques, un frémiſſement interne de parties, capable de tranſmettre le mouvement aux fluides environnants; il eſt clair que ce frémiſſement interne des parties doit communiquer le mouvement aux fluides environnants, dans le cas où le choc ſe fait entre deux corps mus dans la même direction, comme dans le cas où le choc ſe fait entre deux corps mus en des directions oppoſées? Et s'il n'y a point de tel frémiſſement interne de parties, comment le frémiſſement interne des parties

peut-il communiquer & tranſmettre le mouvement primitif aux fluides environnants? Donc la raiſon qu'on apporte pour éluder la preuve expérimentale de la troiſieme loi, eſt une raiſon futile & ruineuſe. Donc il reſte démontré que le mouvement périt réellement par la réſiſtance.

316. OBJECTION IV. La *quatrieme loi* du mouvement confond les forces motrices *libres*, avec les forces motrices *néceſſaires*, qu'il faudroit cependant diſtinguer : puiſque ſi la quantité d'une force motrice néceſſaire eſt déterminée par ſon effet, il n'en eſt pas de même d'une force motrice libre, qui ſe déploie plus ou moins dans ſon effet, quelquefois ſelon toute ſon activité, quelquefois auſſi ſelon une ſimple partie de ſon activité.

RÉPONSE. La quatrieme loi ne confond rien qu'il faille diſtinguer. Il n'y a point, à proprement parler, de force motrice libre, comme nous l'avons déja obſervé & expliqué (312): puiſqu'une force motrice eſt ſimplement & néceſſairement une maſſe multipliée par une vîteſſe; & que la liberté, qui ne peut convenir & appartenir qu'à une ſubſtance intelligente, ne peut être l'apanage ni d'une matiere, ni d'une vîteſſe.



ARTICLE QUATRIEME.

COMMUNICATION DU MOUVEMENT.

317. OBSERVATION I. IL confte par mille & mille expériences connues de tout le monde, que dans le choc des corps, le mouvement fe communique & fe tranfmet de l'un à l'autre. Il s'agit d'obferver felon quelle proportion & felon quelles loix fe fait cette communication de mouvement.

I°. Quand nous difons que *le mouvement fe communique d'un corps à un autre*, nous ne prétendons pas dire que la modification de mouvement qui eft dans un corps A, paffe dans un autre corps B, & devienne une modification de ce corps B. La modification de mouvement qui fe trouve dans le corps A, ne peut pas plus paffer dans le corps B & devenir une modification du corps B, que le corps A peut devenir le corps B : parce que les modifications ne peuvent exifter que dans le fujet qu'elles modifient ; & que leur nature eft telle, qu'elles exigent effentiellement, pour exifter, d'être modifications de tel fujet, de tel individu, fans pouvoir jamais devenir modifications d'un autre fujet, d'un autre individu. (*Met.* 55, 552.)

Qu'eft-ce donc qu'on entend & qu'on doit entendre par *communication de mouvement d'un corps à un autre corps?* On entend, on doit entendre, que l'auteur du mouvement, à l'occafion du choc de deux corps, diminue ou détruit le mouvement dans le corps frappant ; & qu'il

produit ou qu'il augmente ſelon certaines regles fixes & conſtantes, le mouvement dans le corps frappé. Le mouvement qui naît dans le corps frappé, n'eſt point identiquement le mouvement qui étoit & qui a ceſſé d'être dans le corps frappant ; mais un mouvement ſemblable, qui commence à exiſter dans le corps frappé, à meſure & à proportion que le mouvement diminue ou périt dans le corps frappant.

II°. La *communication du mouvement eſt ſucceſſive*, & non inſtantanée : c'eſt-à-dire, que le mouvement imprimé & communiqué à une partie d'un corps, a beſoin d'un certain tems plus ou moins long, pour ſe communiquer ſucceſſivement aux parties du même corps éloignées du point où s'eſt faite la percuſſion. Une expérience connue de tout le monde, démontre cette vérité phyſique. (*fig.* 16.)

Soient deux verres A & B, ſur leſquels on poſera horiſontalement un aſſez long bâton d'un bois bien ſec & bien fragile. Qu'avec un autre bâton on frappe vigoureuſement & perpendiculairement ce bâton horiſontal en C : le bâton A B ſe caſſera ſans renverſer les deux verres pleins d'eau ; parce que ce bâton ſubitement diviſé en C, ceſſe de porter ſur les deux verres avant que le mouvement imprimé en C, ait eu le tems de ſe porter & de ſe tranſmettre en A & en B. Si le bâton AB ne ſe caſſe pas ſubitement, les verres ſont renverſés & mis en pieces : parce que le mouvement imprimé au bâton en C, a le tems de ſe tranſmettre & d'agir en A & en B.

Par la même raiſon, une porte ouverte & ſuſpendue ſur ſes gonds, cede facilement à une légere impulſion de ma main : parce que le mou-

vement de ma main a le tems de ſe communiquer ſucceſſivement à toutes les parties de la porte. La même porte eſt à peine ébranlée par une balle qui la frappe perpendiculairement & la perce de part en part : parce que le mouvement de la balle a emporté la partie qui lui réſiſte & où elle fait ſon trou, avant que ce mouvement ait eu le tems de ſe communiquer au reſte de la porte & d'ébranler la partie qui repoſe immédiatement ſur les gonds. Un auteur moderne a conclu de-là, par un paralogiſme auquel ne devoit pas s'attendre notre ſiecle, qu'une petite force peut produire un plus grand effet qu'une force immenſément plus grande.

318. OBSERVATION II. Les divers corps, entre leſquels ſe communique le mouvement, ſont ou mous, ou durs, ou élaſtiques.

I°. On nomme *corps mous*, ceux qui ſe compriment avec facilité, & qui étant comprimés, ne tendent point par leur nature à reprendre la figure que la compreſſion leur a fait perdre. Telle eſt la cire vierge, l'argille humide ; tel eſt le beurre ; telle eſt une boule de neige.

II°. On nomme *corps durs*, ceux qui ne peuvent aucunement ſe comprimer. Tels ſont les éléments primitifs de la matiere, dont les figures ſont inaltérables & indeſtructibles (145). Nous ne connoiſſons aucun corps ſolide dans la nature, qui ſoit parfaitement dur & incompreſſible.

III°. On nomme *corps élaſtiques*, ceux qui ſe compriment, & qui, après avoir été comprimés, reprennent ou tendent à reprendre leur premier état, leur figure primitive & naturelle. Tel eſt le marbre, l'ivoire, l'acier trempé ; telle eſt une branche d'oſier. (226, 229, 232.)

319. REMARQUE I. Comme la communication du mouvement ſe fait de la même maniere & ſelon les mêmes loix dans les corps mous & dans les corps durs, qui ſont également ſans élaſticité; nous diviſerons cet article ſimplement en deux paragraphes, qui auront pour objet la communication du mouvement & dans les *corps ſans reſſort*, & dans les *corps à reſſort.*

I°. Quoique nous ne connoiſſions dans la nature aucune eſpece de corps ſolides, qui ſoit parfaitement molle, parfaitement dure, parfaitement élaſtique; cependant, dans les loix que nous tracerons ſur la communication du mouvement, nous conſidérerons les corps ſans reſſort, comme s'ils n'avoient abſolument aucune élaſticité; & les corps à reſſort, comme ſi leur élaſticité étoit parfaite. Nous ferons donc abſtraction de la très-petite élaſticité que peuvent avoir les corps mous ou durs, & du défaut d'élaſticité parfaite, qui peut ſe trouver dans les corps élaſtiques.

II°. En traçant & en expliquant les loix de la communication du mouvement, nous ferons encore abſtraction de la gravité des corps, de la réſiſtance des milieux où ils ſe meuvent, de l'obliquité de leurs colliſions. Nous les conſidérerons donc, comme s'il étoient ſans gravité, comme s'ils ſe mouvoient dans un vuide parfait, comme s'ils ſe heurtoient toujours directement par la ligne droite qui atteint leurs centres. Toutes ces ſuppoſitions ſont abſolument néceſſaires pour ſimplifier cette théorie, déja aſſez compliquée par elle-même.

320. REMARQUE II. On diviſe la vîteſſe des corps, dans la théorie du choc, en vîteſſe abſolue & en vîteſſe reſpective.

I°. La *vîtesse absolue* d'un corps, est l'espace qu'il parcourt, divisé par le tems employé à le parcourir : c'est le quotient de l'espace divisé par le tems. (262.)

II°. La *vîtesse respective* de deux corps qui se meuvent l'un contre l'autre, est l'espace parcouru par les deux corps, divisé par le tems employé à parcourir cet espace; soit que ces deux corps parcourent des portions égales, soit qu'ils parcourent des portions inégales de cet espace. Par exemple: (*fig.* 17.)

Un corps A est éloigné d'un corps B, de six toises : ces deux corps s'avancent l'un contre l'autre en une seconde, en telle sorte que le corps A parcourt quatre toises, & le corps B, deux toises : leur vîtesse respective est = 6 toises. Après le choc, ces deux corps rétrogradent l'un & l'autre, quelle que soit la cause de cette rétrogradation, le corps A parcourant deux toises, & le corps B quatre toises dans une seconde: leur vîtesse absolue a changé, mais leur vîtesse respective reste la même; c'est toujours 6 toises parcourues par les deux corps, en une seconde.

PARAGRAPHE PREMIER.

COMMUNICATION DU MOUVEMENT DANS LES CORPS SANS RESSORT.

THÉORÊME I.

321. *Dans le choc, la quantité de mouvement que perd le corps frappant, est d'autant moindre, que sa masse est plus grande; est d'autant plus grande, que sa masse est plus petite, relativement à la masse du corps qu'il heurte & qu'il déplace.*

DÉMONSTRATION. La ſpéculation & l'expérience concourent de concert à établir & à faire ſentir la vérité de ce théorême fondamental, que nous bornons ici au choc des corps ſans reſſort, & qu'il ſera facile de tranſporter & d'adapter au choc des corps à reſſort.

I°. La ſpéculation fait ſentir la vérité de ce théorême. Car, plus la maſſe du corps frappant eſt grande, relativement à celle du corps frappé; moins le corps frappant diviſe ſon mouvement, en le partageant avec le corps frappé : moins ce mouvement ſe diviſe, plus chaque diviſion reſte grande : donc la quantité de mouvement que perd le corps frappant, en partageant ſon mouvement avec le corps frappé, eſt d'autant moindre, que la maſſe frappante eſt plus grande.

Plus la maſſe du corps frappant eſt petite, relativement à celle du corps frappé ; plus le corps frappant diviſe ſon mouvement, en le partageant avec le corps frappé : plus ce mouvement ſe diviſe, plus chaque portion ou diviſion eſt petite : donc la quantité de mouvement que perd le corps frappant, en communiquant ſon mouvement au corps frappé, eſt d'autant plus grande, que la maſſe frappante eſt plus petite.

II°. L'expérience fait encore mieux ſentir la vérité de ce théorême. Car, ſi un corps de dix livres heurte avec une vîteſſe quelconque, un corps d'une livre, en repos & mobile; le corps de dix livres ne perd qu'un onzieme de ſon mouvement ; parce que ſon mouvement qui étoit partagé entre dix livres & appliqué à tranſporter une maſſe de dix livres avant le choc, ſe trouve partagé entre onze livres & appli-

qué à transporter une masse de onze livres après le choc. Si au contraire un corps d'une livre, avec une vîtesse quelconque, rencontre un corps de dix livres en repos & mobile, il perd dix onziemes de son mouvement : parce que le même mouvement qui étoit attaché tout entier à transporter une livre avant le choc, se divise en onze parties pour transporter onze livres après le choc. C. Q. F. D.

THÉORÊME II.

322. *Quand un corps sans ressort, heurte un autre corps sans ressort :*

I°. *Si le choc se fait contre un corps en repos, ou contre un corps mu dans la même direction que le corps frappant, le mouvement se partage, sans se détruire.*

II°. *Si le choc se fait entre deux corps mus en des sens opposés, le mouvement périt en tout ou en partie. Si les deux mouvemens opposés sont égaux en quantité, soit que les corps soient égaux, soit que ces corps soient inégaux en masse, les deux corps restent en repos après le choc ; & si les deux mouvemens opposés sont inégaux en quantité, les deux corps, après le choc, se meuvent dans la direction du plus grand mouvement, avec un mouvement commun, qui est l'excès du plus grand mouvement sur le plus petit.* (fig. 14.)

DÉMONSTRATION. C'est à l'expérience de constater & de faire sentir la vérité des différentes parties de ce théorême. Soient donc deux globes A & B, suspendus perpendiculairement en l'air l'un à côté de l'autre, auprès d'un plan perpendiculaire & parfaitement poli.

EXPÉRIENCE I. Le globe A de quatre onces, par exemple, écarté d'abord à ſix degrés de ſa perpendiculaire, & livré enſuite à ſa gravité, ſeroit emporté, par ſon mouvement, à ſix degrés au-delà de ſa perpendiculaire, s'il ne rencontroit aucun obſtacle : la ſomme de ſon mouvement ſeroit 4 de maſſe, par 6 de vîteſſe : $4 \times 6 = 24$. Mais ſi ce globe A rencontre le globe B de deux onces, en repos & mobile, il l'emporte avec lui d'un mouvement commun ; & l'un & l'autre va à quatre degrés au-delà de la perpendiculaire : le mouvement commun, après le choc, eſt $4 + 2$ de maſſe, par 4 de vîteſſe : $4 + 2 \times 4 = 24$. Donc le mouvement ſe partage, ſans ſe détruire, dans le choc d'un corps en mouvement contre un corps en repos.

Si le globe B de deux onces, écarté à neuf degrés de ſa perpendiculaire, vient heurter le globe A de quatre onces, en repos & mobile ; après le choc, les deux globes ſe meuvent d'un mouvement commun à trois degrès au-delà de leur perpendiculaire. Avant le choc, la quantité de mouvement étoit $2 \times 9 = 18$; après le choc, la quantité de mouvement eſt $2 + 4 \times 3 = 18$: donc encore, le mouvement ſe partage, ſans ſe détruire, dans le choc de deux corps dont l'un eſt en repos.

EXPÉRIENCE II. Si le corps A de quatre onces, avec une vîteſſe comme 6, va heurter le corps B de deux onces, mu devant lui dans la même direction avec une vîteſſe comme 3 ; après le choc, les deux corps ſe meuvent d'un mouvement commun dans la direction du corps frappant, jusqu'à 5 degrés au-delà de leurs perpendiculaires. Avant le choc, les deux ſommes

de mouvement étoient $24+6=30$; après le choc, le mouvement commun aux deux corps eſt $4+2\times5=30$: donc le mouvement ſe partage, ſans ſe détruire, dans le choc qui ſe fait entre deux corps mus dans la même direction.

On aura les mêmes réſultats, ſi on varie cette expérience en telle maniere qu'on voudra, donnant tantôt plus & tantôt moins de vîteſſe ou de maſſe, aux corps que l'on fera choquer dans la même direction.

EXPÉRIENCE III. Si le corps A de quatre onces avec une viteſſe 3, & le corps B de deux onces, avec une vîteſſe 6, viennent ſe heurter en des ſens oppoſés ; après le choc, les deux corps reſtent en repos, & privés de tout mouvement. Avant le choc, la quantité de leurs mouvements oppoſés, 4×3 & 2×6, étoit égale : donc dans le choc, les mouvements égaux & oppoſés ſe détruiſent.

Le même repos ſuivra le choc de deux corps qui ſe heurtent en des ſens oppoſés, quelles que ſoient leur maſſe & leur vîteſſe ; pourvu que ces corps ſoient ſans reſſort, & que leurs quantités de mouvement ſoient égales.

EXPÉRIENCE IV. Si le corps A de quatre onces avec une vîteſſe 2, & le corps B de deux onces avec une vîteſſe 7, viennent ſe heurter en des ſens oppoſés ; après le choc, les deux corps ſe meuvent dans la direction du corps B avec une vîteſſe commune $=1$. Avant le choc, les mouvements oppoſés étoient 8 & 14 ; après le choc, il ne reſte en tout que ſix degrés de mouvement commun aux deux corps ; ce qui eſt préciſément l'excès du plus grand mouvement ſur le plus petit mouvement : donc dans le choc des

corps mus en des ſens oppoſés, le moindre mouvement eſt détruit par le plus grand; & détruit à ſon tour dans le plus grand, une quantité de mouvement égale à la ſienne; en telle ſorte qu'il ne reſte aux deux corps ſans reſſort pour mouvement commun, que l'excès du plus grand ſur le plus petit. C. Q. F. D.

323. REMARQUE. Quand deux corps ſe choquent, l'un des deux peut être en repos; tous les deux peuvent ſe mouvoir dans la même direction; tous les deux peuvent ſe mouvoir dans des directions diamétralement oppoſées.

I°. Quand l'un des deux corps qui ſe choquent, eſt en repos & immobile; la percuſſion eſt proportionnelle à toute la ſomme de mouvement qui anime le corps choquant : parce qu'alors le corps choqué ne ſe ſouſtrait à aucune partie du mouvement qui l'atteint.

Mais ſi le corps choqué eſt en repos & mobile, la percuſſion eſt proportionnelle, non à tout le mouvement du corps choquant, mais ſimplement à la portion de mouvement que perd le corps choquant: parce qu'alors le corps choqué, en fuyant devant le corps choquant, ſe ſouſtrait à la portion de mouvement qui reſte au corps par lequel il eſt déplacé & chaſſé.

II°. Quand les deux corps qui ſe choquent, ſe meuvent dans le même ſens & dans la même direction; la percuſſion ſe fait par la différence des vîteſſes multipliée par la maſſe frappante: & cette percuſſion eſt proportionnelle à la quantité de mouvement que perd le corps choquant; parce qu'alors le corps choqué ſe ſouſtrait au corps choquant par toute ſa vîteſſe propre, tant avant qu'après le choc.

III°. Quand les deux corps qui ſe choquent ſe meuvent en des ſens diamétralement oppoſés, la percuſſion ſe fait par les deux ſommes oppoſées de mouvement, & elle eſt proportionnelle à la quantité de mouvement que perd l'un & l'autre corps : parce qu'alors chaque corps frappe & réſiſte par tout le mouvement qu'il perd, ſoit en réſiſtant au corps oppoſé, ſoit en partageant le reſte de ſon mouvement avec le corps oppoſé. L'expérience & la raiſon concourent de concert à établir cette théorie ſur la communication du mouvement.

IV°. Comme dans le choc des corps il peut ſe faire, en premier lieu, que le choc ſe faſſe ou contre un corps en repos, ou contre un corps mu dans la direction du corps frappant, ou dans des directions diamétralement oppoſées ; en ſecond lieu, que le corps frappant ſoit ou égal au corps frappé, ou plus grand que le corps frappé, ou plus petit que le corps frappé ; delà naiſſent une foule de regles dont la multiplicité nous a toujours déplu. Amateurs de la ſimplicité, nous avons tenté de réduire toutes ces différentes regles, dont on fatigue en pure perte l'attention, à une regle unique ; & nous y avons réuſſi par une marche bien ſimple, qui conſiſte à conſidérer toujours l'un des deux corps qui ſe heurtent, comme en repos ; & à diviſer la vîteſſe commune que doivent avoir les deux corps après le choc, par la ſomme des deux maſſes. La regle unique que nous allons donner ſur la communication du mouvement dans les corps ſans reſſort, s'adaptera facilement à la communication du mouvement dans les corps

à

à reſſort ; comme nous l'expliquerons dans le paragraphe ſuivant.

REGLE GÉNÉRALE.

324. *Si un corps ſans reſſort heurte directement un autre corps ſans reſſort, en repos & mobile ; après le choc, les deux corps ſe meuvent dans la même direction avec une vîteſſe commune ; & cette vîteſſe commune après le choc, eſt à la viteſſe primitive du corps frappant, comme la maſſe du corps frappant eſt à la ſomme des deux maſſes.* (fig. 14 & 17.)

EXPLICATION. Cette regle n'eſt, comme on voit, qu'un ſimple corollaire des deux théorêmes précédents, par leſquels il conſte que dans le choc d'un corps en mouvement contre un corps en repos, la vîteſſe du corps frappant ſe partage entre les deux maſſes ; & décroît dans la maſſe frappante, à proportion qu'elle ſe communique à la maſſe frappée.

Il eſt facile de réduire en pratique cette regle, en la ſoumettant au plus ſimple calcul. Par exemple, ſoit la maſſe frappante 6, ſa vîteſſe 12, la maſſe frappée 3 : quelle ſera, après le choc, la vîteſſe commune & inconnue x ? Pour trouver cette vîteſſe commune que doivent avoir les deux maſſes après le choc, faites cette proportion : la vîteſſe inconnue, eſt à la vîteſſe primitive, comme la maſſe frappante eſt à la ſomme des deux maſſes : $x . 12 :: 6 . 9$. Ainſi, dans ce cas, la vîteſſe commune, après le choc, ſera 8 : car $8 . 12 :: 6 . 9$.



PROBLÊME.

325. *Réduire les deux autres cas de collision, à la même regle générale.*

SOLUTION I. Si le choc se fait entre deux *corps mus en des sens opposés*, la plus petite somme de mouvement est détruite ; & détruit dans la plus grande somme de mouvement, une quantité de mouvement égale à elle-même (322) : donc après le choc, il ne reste de mouvement, que l'excès d'un mouvement sur l'autre. Donc on peut considérer le corps qui a le moindre mouvement, comme en repos ; & le corps qui a le plus grand mouvement, comme heurtant l'autre corps par son simple excès de mouvement. Donc ce cas de collision rentre dans la regle générale.

Par exemple, en supposant que le corps A ait une masse 2, & une vîtesse 6 ; & que le corps B ait une masse 3, & une vîtesse 8 ; le corps A aura 12 degrés de mouvement, & le corps B en aura 24. Otez au corps B, par la pensée, 12 degrés de mouvement qui doivent périr dans le choc opposé : il lui restera 12 degrés de mouvement, qui, divisés par sa masse 3, donneront sa vîtesse 4. Quelle sera donc la vîtesse commune aux deux corps après le choc ? Cette proportion la fera trouver : la vîtesse inconnue x, est à la vîtesse 4, comme la masse 3, est à la somme des deux masses 5 : ainsi, dans ce cas, $x . 4 :: 3 . 5$; la vîtesse commune après le choc, est $2 + \frac{2}{5}$.

SOLUTION II. Si le choc se fait entre deux *corps mus dans la même direction*, le mouvement se partage sans se détruire (322) : donc après le

choc, il ſe trouve dans ces deux corps, un mouvement commun, égal à la ſomme des deux mouvements iſolés. Donc après le choc, il y a dans ces deux corps le même mouvement qu'il y auroit, ſi l'un des deux corps eût été en repos, & que l'autre l'eût frappé avec la ſomme des deux mouvements. Donc on peut conſidérer le corps frappé comme en repos; & l'autre, comme frappant ce corps en repos avec la double ſomme des mouvements iſolés : donc ce cas de colliſion, rentre encore dans la regle générale.

Par exemple, en ſuppoſant que le corps A ait une maſſe 2 & une vîteſſe 6; & qu'il aille heurter le corps B, mu dans la même direction avec une maſſe 4 & une vîteſſe 3 : les deux ſommes de mouvement ſont $12 + 12 = 24$. Tranſportons, par la penſée, ces 24 degrés de mouvement au corps A, & ſuppoſons le corps B en repos au point où ſe fera le choc : dans cette hypotheſe, les 24 degrés de mouvement du corps A, diviſés par ſa maſſe 2, donneront ſa vîteſſe 12 : quelle ſera la vîteſſe commune aux deux corps, après le choc? Cette proportion la fera trouver : la vîteſſe inconnue x, eſt à la vîteſſe 12, comme la maſſe 2 eſt à la ſomme des deux maſſes 6. La vîteſſe commune après le choc, ſera 4 : car ayant cherché, par une ſimple regle de trois, la valeur de l'inconnue x, on trouvera que $4 . 12 :: 2 . 6$.

PARAGRAPHE SECOND.

COMMUNICATION DU MOUVEMENT DANS LES CORPS A RESSORT.

326. OBSERVATION. Nous avons déja tâché

d'expliquer la nature & la cauſe de l'élaſticité (228). Mais quelles que ſoient & la nature & la cauſe de ce principe, il eſt ſûr que ce principe exiſte, & ſes effets ſont indubitables. Les deux phénomenes qui annoncent & qui caractériſent l'élaſticité dans les corps, ſont & la compreſſion & la réaction réunies. Tout corps élaſtique ſe comprime; & tend, comme de lui-même, à reprendre la figure & l'état qu'il avoit avant la compreſſion.

Il y a donc néceſſairement deux forces à conſidérer & à diſtinguer dans l'élaſticité des corps: l'une qui opere la compreſſion; l'autre, qui réſiſte à la compreſſion, & qui tend à la détruire, quand elle eſt produite.

La premiere, qu'on nomme *force comprimante*, ou *force de compreſſion*, ou ſimplement *action*, eſt extrinſeque au corps comprimé: c'eſt le mouvement ou la force motrice du corps comprimant, lequel eſt employé en tout ou en partie, à produire la compreſſion.

La ſeconde, qu'on nomme *force de réaction*, ou ſimplement *réaction*, eſt intrinſeque au corps comprimé: c'eſt comme un reſſort intérieur, que tend plus ou moins la force comprimante; qui réſiſte perſévéramment & de plus en plus à l'action de la force comprimante; qui détruit par cette réſiſtance, en tout ou en partie, l'action de cette force comprimante; & qui, après avoir détruit cette force, ſe déploie & ſe débande en liberté dans une direction oppoſée à l'inflexion & à la tenſion qu'il a eſſuyées.



THÉORÊME FONDAMENTAL.

327. *La force de réaction est égale & opposée à la force de compression.*

DÉMONSTRATION I. Le ressort d'un corps élastique pourroit être comprimé & tendu plus qu'il ne l'est dans le choc ou dans la pression ; & cependant il cesse enfin de se comprimer & de se tendre : donc ce ressort résiste à la force comprimante, avec une force égale à cette force comprimante : donc la force de ce ressort, est égale à la force qui le tend & qui le comprime. L'action de ce ressort est nécessairement opposée à la force à laquelle il résiste, par laquelle il est infléchi & comprimé : donc la force de ce ressort, égale & opposée à la force comprimante, doit produire en un sens opposé, un effet égal à l'effet de la force comprimante. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION II. Soient deux boules d'ivoire, suspendues en l'air l'une à côté de l'autre, auprès d'un plan perpendiculaire & bien poli. Que ces deux boules, égales en masse, & également écartées de leur perpendiculaire, viennent s'entre-choquer en des sens opposés, avec des vîtesses égales : après le choc elles reculent & rétrogradent l'une & l'autre, avec les mêmes vîtesses, & par conséquent avec les mêmes quantités de mouvement (271), qu'elles avoient avant le choc. Sur quoi je raisonne ainsi : (*fig.* 14.)

1°. Si ces deux boules n'avoient que le mouvement primitif qui les comprime ; après le choc, ce double mouvement, égal & opposé, seroit détruit ; & les deux boules demeureroient

en repos : comme il arrive à deux boules d'argille humide, qui se heurtent en des sens opposés, avec des masses & des vîtesses égales.

II°. Mais ces deux boules, après le choc, ont un mouvement qui les fait réciproquement rétrogader par leur route primitive, avec la même vîtesse qu'elles avoient avant le choc : donc ces deux boules ont, après le choc, un mouvement égal, mais diamétralement opposé, au mouvement qu'elles avoient avant le choc.

III°. On ne peut assigner d'autre cause à ce mouvement rétrograde, égal & opposé au mouvement primitif, que la réaction ou le ressort des parties comprimées dans le choc, & rétablies après le choc : donc cette compression occasionne une réaction égale & opposée à l'action.

IV°. Plus la masse & la vîtesse de ces deux boules, est grande ; plus leur choc est violent & leur compression considérable : puisque le choc & la compression occasionnée par le choc, suivent nécessairement la proportion de la force motrice qui les opere. Cependant ces deux boules, quelle que soit leur égale quantité de mouvement, rejaillissent toujours, après le choc, avec la même vîtesse, & avec la même somme de mouvement, qu'elles avoient avant le choc : donc la réaction, toujours égale & opposée à l'action, augmente & diminue comme la force qui la fait naître, & se trouve toujours égale à la force comprimante. C. Q. F. D.

THÉORÊME II.

328. *Plus un corps élastique résiste à l'action du corps comprimant, plus sont grandes la compression qu'il essuie & la réaction qu'il acquiert.*

DÉMONSTRATION. Plus un corps compreſſible & élaſtique réſiſte, plus il donne lieu à l'action du corps comprimant de s'exercer contre lui, ſelon la meſure & l'étendue de ſon activité : au lieu que, s'il cede trop facilement & trop promptement, il ſe ſouſtrait plus ou moins conſidérablement à l'action de la force comprimante, laquelle action n'eſt point inſtantanée, mais ſucceſſive. Un corps peut donc, ou eſſuyer toute l'action de la force comprimante, & alors il reçoit une compreſſion proportionnelle & une réaction égale à toute cette force ; ou n'eſſuyer qu'une partie de l'action de la force comprimante, & alors il reçoit une compreſſion proportionnelle & une réaction égale à la ſimple portion de la force qui le comprime. C. Q. F. D.

329. COROLLAIRE. *Quoique la force de réaction ſoit toujours égale à la force de compreſſion, il ne s'enſuit pas que la réaction ſoit toujours égale à tout le mouvement primitif du corps frappant.*

DÉMONSTRATION. La raiſon en eſt, que le mouvement primitif n'eſt pas toujours employé tout entier à faire la compreſſion, comme il arrive, lorſque le corps frappé fuyant devant le corps frappant, ou cédant trop facilement à l'impulſion du corps frappant, échappe & ſe ſouſtrait à une partie de la force & de l'action de ce corps. Ainſi il ne faut point confondre toujours le *mouvement primitif* du corps comprimant, avec la *force de compreſſion*, laquelle eſt ſouvent beaucoup moindre que ce mouvement primitif.

I°. Quand le corps frappé eſt immobile, la réaction eſt égale à tout le mouvement primitif :

parce que le corps frappé n'évite aucune partie de ce mouvement primitif, qui eſt employé tout entier à produire la compreſſion. La force comprimante périt toute entiere, en produiſant la la compreſſion ; & une force égale & oppoſée, la réaction lui ſuccede.

II°. Quand deux corps ſe heurtent en des ſens oppoſés avec des forces égales, la réaction eſt égale à toute la ſomme des deux mouvements primitifs : parce que les deux corps frappent & réſiſtent à la fois par toute la ſomme de leurs forces motrices ; & que la compreſſion eſt produite conjointement & par la percuſſion & par la réſiſtance de l'un & de l'autre corps.

III°. Quand un corps en mouvement heurte un autre corps en repos & mobile, la réaction eſt égale au mouvement que perdroit le premier & qu'acquerroit le ſecond, s'ils étoient l'un & l'autre ſans reſſort. Ainſi, ſi les deux corps ſont égaux, ou ſi le corps frappant eſt plus petit que le corps frappé ; la réaction, partagée également entre les deux corps en des ſens oppoſés, eſt égale à tout le mouvement primitif, lequel a eſſuyé aſſez de réſiſtance, pour être employé & abſorbé tout entier à produire la compreſſion. Mais ſi le corps frappant eſt plus grand en maſſe que le corps frappé ; la réaction, toujours partagée également entre les deux corps en des ſens oppoſés, eſt moindre que le mouvement primitif, lequel n'a pas eſſuyé aſſez de réſiſtance pour s'employer tout entier à produire la compreſſion.

IV°. Quand un corps heurte un autre corps mu dans la même direction, la réaction eſt égale, non à tout le mouvement primitif, mais au

mouvement que perdroit le corps frappant & qu'acquerroit le corps frappé, s'ils étoient l'un & l'autre sans ressort. Le corps frappé se soustrait à la percussion, & par là même à la compression & à la réaction, par toute sa vîtesse primitive.

330. REMARQUE. Quoique ce ressort des corps élastiques soit au dedans d'eux-mêmes, on peut le considérer comme si c'étoit un ressort extérieur, comprimé & tendu entre les deux corps qui s'entre-choquent.

On conçoit que ce ressort extérieur, se déployant & se débandant avec une force égale à celle qui l'a comprimé, exerceroit une égale action en des sens opposés, contre les deux corps; & que les repoussant de part & d'autre avec une force égale, il imprimeroit à l'un & à l'autre la même quantité de mouvement, & par là même, des vîtesses qui seroient en raison inverse des masses: puisque les mouvements étant égaux, si les masses sont inégales, les vîtesses sont nécessairement en raison inverse des masses. (275.)

Tel doit être conçu dans ses effets, le ressort naturel des corps élastiques, qui se déploie & se débande après le choc. Ce ressort se débande & agit avec une égale force contre un corps d'une livre qui le comprime d'un côté, & contre un corps de deux livres qui le comprime de l'autre; mais en imprimant une égale somme ou quantité de mouvement à ces deux corps, il donnera au premier une vîtesse deux fois plus grande qu'au dernier: parce que la masse du premier étant deux fois plus petite, est deux fois moins difficile à transporter; & qu'une même

force motrice qui porte une maſſe de deux livres à une diſtance quelconque, doit porter une maſſe d'une livre à une diſtance double.

REGLE GÉNÉRALE.

331. *Si un corps élaſtique va heurter un autre corps élaſtique, en repos & mobile ; après le choc, le corps frappant aura perdu le double, & le corps frappé aura acquis le double du mouvement qu'ils euſſent perdu ou acquis l'un & l'autre, s'ils euſſent été ſans élaſticité.* (fig. 14 & 17.)

EXPLICATION. Cette regle eſt, comme on voit, une ſuite & une conſéquence du théorême fondamental que nous venons de démontrer. La force de réaction eſt égale & oppoſée à la force de compreſſion; & elle réſide également, & dans le corps frappant, & dans le corps frappé : puiſque la réſiſtance de celui-ci eſt égale à l'impulſion qu'emploie celui-là pour vaincre cette réſiſtance; & que de la percuſſion & de la réſiſtance naiſſent la compreſſion & la réaction. Donc cette réaction doit détruire dans le corps frappant, autant de mouvement qu'en a détruit le choc : donc cette réaction doit donner au corps frappé, autant de mouvement que lui en a donné le ſimple choc : donc le mouvement perdu par le premier, & acquis par le ſecond, doit être du double plus grand que s'ils euſſent été l'un & l'autre ſans reſſort. Donc, pour eſtimer la quantité de mouvement qui doit ſe trouver dans ces deux corps élaſtiques après le choc, il ne s'agit que de les conſidérer comme s'ils étoient ſans reſſort (324), & de doubler à l'un ſa perte, & à l'autre ſon acquiſition. Par exemple,

I°. Si le corps frappant & le corps frappé sont égaux en masse ; après le choc, le premier reste en repos, & le second s'enfuit avec toute la somme du mouvement primitif. C'est ce qu'on voit arriver tous les jours, quand un habile joueur de boules darde au loin une boule de bouis qui va heurter directement une boule égale de même matiere. Le *corps frappant*, s'il étoit sans ressort, perdroit la moitié de son mouvement, du mouvement primitif, par le choc (324) : il en perd tout autant par sa réaction, égale & opposée à la portion du mouvement primitif qui a été employée à vaincre la résistance du corps frappé : il doit donc perdre les deux moitiés de son mouvement primitif, ou tout son mouvement primitif. Le *corps frappé*, s'il étoit sans ressort, acquerroit la moitié du mouvement primitif, par sa résistance ou par sa force d'inertie égale à celle du corps frappant : il en acquiert tout autant par sa réaction, égale & opposée à la résistance qu'il oppose au mouvement primitif : il doit donc avoir, après le choc, un mouvement égal à tout le mouvement primitif.

II°. Si la masse frappante est plus grande que la masse frappée ; le corps frappant perd une quantité de mouvement proportionnelle à la fois & à la résistance du corps frappé, & à la réaction que lui occasionne cette résistance. Par exemple, si un corps élastique de 9 onces, va heurter directement un autre corps élastique d'une once, en repos & mobile ; le *corps frappant* perd un dixieme de son mouvement en vertu de la percussion, & un dixieme en vertu de sa réaction ; & le *corps frappé* acquiert un dixieme du

mouvement primitif en vertu de la percuſſion, & un dixieme en vertu de ſa réaction.

III°. Si la maſſe frappante eſt plus petite que la maſſe frappée; après le choc, le corps frappé a plus de mouvement que n'en avoit le corps frappant. Par exemple, qu'un corps élaſtique A, avec une maſſe 2 & une vîteſſe 6, qui donnent 12 degrés de mouvement primitif, aille heurter un autre corps élaſtique B, en repos & mobile, dont la maſſe eſt 4 : après le choc, le corps A rétrograde avec une vîteſſe comme 2, & le corps B avance avec une vîteſſe comme 4. La ſomme de mouvement du corps B, après le choc, eſt $4 \times 4 = 16$; tandis que la ſomme de mouvement du corps A, avant le choc, n'étoit que $2 \times 6 = 12$. Il eſt facile de rendre raiſon de cette expérience, & dans le corps frappant, & dans le corps frappé, par le moyen des principes que nous avons établis & démontrés.

Si le *corps frappant* A étoit ſans reſſort; en heurtant le corps B dont la maſſe eſt deux fois plus grande, il perdroit 8 degrés de ſon mouvement en vertu de la percuſſion : il en perd tout autant en vertu de ſa réaction. De 12 degrés de mouvement qu'il avoit avant le choc, ôtez-en 16, reſte —4, qui diviſés par 2 de maſſe, donnent — 2 de vîteſſe après le choc, & par conſéquent, une vîteſſe rétrograde.

Si le *corps frappé* B étoit ſans reſſort; il recevroit 8 degrés de mouvement en vertu de la percuſſion : il en reçoit tout autant en vertu de ſa réaction : il aura donc, après le choc, 16 degrés de mouvement, qui diviſés par 4 de maſſe, donneront 4 de vîteſſe dans la direction du corps frappant.

PROBLÊME I.

332. *Réduire les deux autres cas de collision, à cette regle générale.* (fig. 14 & 17.)

SOLUTION I. Si les deux corps élastiques se heurtent *en des sens opposés ;* après le choc, la vîtesse des deux corps, s'ils étoient sans ressort, seroit l'excès du plus grand mouvement divisé par les deux masses (325). Mais ces corps ont un ressort; & ce ressort a été tendu par la somme des deux mouvements détruits dans la percussion: donc après le choc, il faut partager cette force de réaction, égale & contraire au mouvement primitif détruit, entre les deux masses. La moitié de cette somme du mouvement de réaction, divisée par chacune des masses, donnera la vîtesse qu'il faut retrancher au corps qui avoit le plus de mouvement, & qu'il faut ajouter au corps qui avoit le moins de mouvement.

Par exemple, que le corps élastique A de trois livres de masse, avec une vîtesse 8 ; & le corps B d'une livre, avec une vîtesse 12, s'entre-choquent en des sens opposés. Si ces deux corps étoient sans ressort, après le choc ils auroient, pour mouvement commun, l'excès du plus grand mouvement sur le plus petit mouvement; excès égal à 12, qui divisé par la somme des deux masses 4, donneroit à chacun une vîtesse commune 3 dans la direction du corps A. Mais ces deux corps ont un ressort, lequel a été tendu par 24 degrés de mouvement détruits, & qui produit une réaction égale & opposée au mouvement détruit : il y aura donc 12 degrés de mouvement à retrancher au corps A, & 12 de-

grés de mouvement à ajouter au corps B. Ces 12 degrés de mouvement, divisés par la masse 3 du corps A, donneront 4 degrés de vîtesse à retrancher à ce corps ; divisés par la masse 1 du corps B, donneront 12 degrés de vîtesse à ajouter à ce corps : la vîtesse du corps A, après le choc, sera donc $3 - 4 = -1$; & la vîtesse du corps B, sera $3 + 12 = 15$.

SOLUTION II. Si les deux corps élastiques se heurtent en se mouvant *dans la même direction* ; il faut considérer d'abord l'un & l'autre corps, comme s'ils étoient sans ressort : on trouvera, par la théorie de la communication du mouvement dans les corps sans ressort (325), la quantité de mouvement que perdroit le corps frappant, & qu'acquerroit le corps frappé. Mais comme ces deux corps ont un ressort, & que ce ressort a été tendu, & par le mouvement que perd le corps frappant, & par la résistance égale qu'oppose le corps frappé ; la réaction doublera la perte du corps frappant, & l'acquisition du corps frappé.

Par exemple, que le corps A, avec une masse 2 & une vîtesse 6, frappe le corps B mu devant lui avec une masse 4 & une vîtesse 3 : si ces deux corps étoient sans ressort, après le choc, le corps frappant auroit perdu deux degrés de vîtesse, & le corps B en auroit acquis un (325). Mais comme ces corps ont un ressort, après le choc, le corps A aura perdu 4 degrés de vîtesse, & le corps B en aura acquis deux.

333. REMARQUE. Le détail de cette théorie du choc, peut être facilement établi & démontré par tout autant d'expériences particulieres. Mais comm ce détail est de très-peu d'utilité dans

la phyſique, nous nous abſtiendrons d'en fatiguer inutilement l'attention de nos lecteurs. Nous nous bornerons ici à obſerver que la théorie & l'expérience s'accordent enſemble à établir cette vérité : ſavoir, que s'il y a des circonſtances où la quantité du mouvement eſt la même avant & après le choc ; il y en a auſſi où la quantité du mouvement eſt plus grande ou plus petite après le choc ; comme on peut l'obſerver dans les exemples que nous avons rapportés. D'où il s'enſuit que la regle fondamentale imaginée par Deſcartes, ſavoir, que *la quantité du mouvement dans les corps reſte toujours invariablement la même avant & après le choc*, eſt une regle inconteſtablement fauſſe.

On ne trouvera nulle part plus de ſimplicité dans les loix du choc des corps : nous les avons vues preſque par-tout incomparablement plus compliquées, & en plus d'un endroit fautives dans leur généralité.

PROBLÊME II.

334. *Expliquer, d'après cette théorie du reſſort des corps, le recul des armes à feu.*

SOLUTION. La poudre enflammée dans un canon, par exemple, eſt comme un reſſort qui ſe débande en tout ſens avec violence, & qui fait effort pour lancer les parties adhérentes du canon, à l'orient & au couchant, au zenith & au nadir, au nord & au midi. Mais comme les parties qui compoſent le canon ont entr'elles une adhérence ſupérieure à l'action de la poudre, les efforts égaux & inutiles que fait en tout ſens la poudre enflammée contre les parties infé-

parablement adhérentes du canon, ſe tranſportent efficacement, & contre le boulet qui peut avancer, & contre le canon qui peut reculer. Donc l'action immenſe de la poudre enflammée, conſidérée comme un reſſort qui ſe déploie & ſe débande avec une égale force entre deux réſiſtances inégales, ſe partageant entre la maſſe du boulet & la maſſe du canon, doit imprimer à ces deux corps, tout étant égal d'ailleurs, une égale quantité de mouvement, & par là même, une vîteſſe en raiſon inverſe des maſſes (275): de ſorte que la vîteſſe rétrograde du canon, ſera à la vîteſſe directe du boulet, comme la maſſe du boulet eſt à la maſſe du canon. (*fig.* 34.)

I°. Un canon, dont le boulet eſt de 24 livres, peſe communément en Allemagne, ſelon Wolfe, environ 6400 livres; peſe communément en France, ſelon Saint-Remi, environ 5100 livres, qui avec l'affût égaleront à peu près en peſanteur les canons d'Allemagne.

II°. La vîteſſe d'un boulet qui bat en breche, avec une très-forte charge de poudre, eſt de 600 pieds dans la premiere ſeconde. Nous verrons ailleurs comment on peut trouver & déterminer cette vîteſſe. (391.)

III°. Suppoſons que la poudre enflammée partage également ſa force motrice entre les deux maſſes inégales du canon & du boulet, auxquelles elle imprimera une quantité de mouvement égale & oppoſée: quelle doit être la vîteſſe oppoſée du boulet & du canon, après l'inflammation de la poudre? Pour la trouver, il faut faire cette proportion: la vîteſſe du boulet doit être à la vîteſſe du canon, comme la maſſe du canon eſt à la maſſe du boulet (275):

600

600 . x : : 6400 . 24. Par une ſimple regle de trois, on trouvera que l'inconnue x, qui exprime la vîteſſe rétrograde ou le recul du canon pendant une ſeconde, eſt de deux pieds & un quart. En ſuppoſant donc que le canon ſoit poſé ſur un plan parfaitement horiſontal, la vîteſſe rétrograde du canon ſera à la vîteſſe oppoſée du boulet, comme $2 + \frac{1}{4}$ eſt à 600 : c'eſt-à-dire, que le canon reculera avec une vîteſſe qui lui fera parcourir deux pieds & un quart dans une ſeconde; tandis que dans la même ſeconde, le boulet parcourra un eſpace de 600 pieds. Mais comme le canon eſt communément diſpoſé de telle façon qu'il ne peut reculer ſans que ſon affût, qui doit être d'ailleurs toujours regardé comme faiſant partie de ſa maſſe, remonte contre un plan incliné, & éprouve une grande réſiſtance à ſon mouvement; cette réſiſtance diminue encore ſa vîteſſe rétrograde.

Le recul du fuſil & du piſtolet dépend de la même cauſe, & s'explique de la même maniere. La force du bras qui les ſoutient & les dirige, doit être conſidérée comme faiſant partie de leur réſiſtance.

IV°. Plus un canon & un fuſil ſont peſants, moins ils reculent : parce que plus une maſſe eſt grande, moins une force déterminée lui imprime de vîteſſe. Si le canon ou le fuſil étoient tellement fixes, qu'ils ne puſſent aucunement reculer; la violence du coup ſeroit de beaucoup plus grande : parce que l'action de la poudre enflammée s'exerceroit toute entiere contre la balle ou le boulet; comme l'action d'un reſſort placé entre un corps mobile & un corps im-

mobile, paſſe toute entiere, & ſans partage, dans le corps mobile.

V°. Un canon & un fuſil plus longs, pourvu que leur longueur ne ſoit pas immodérée, portent plus loin : parce qu'ils donnent à la poudre, le tems néceſſaire pour s'enflammer toute entiere, & pour exercer toute ſon action contre la balle ou le boulet : la balle & le boulet échappent à l'impulſion de la portion de poudre, qui ne s'enflamme qu'après leur éruption. Si cependant la longueur du canon ou du fuſil devient hors de meſure, & s'étend au-delà de ce qu'il faut pour donner lieu à l'inflammation ſucceſſive de toute la poudre ; l'excès de longueur ne ſert qu'à occaſionner un frottement qui diminue en pure perte, le mouvement de la balle ou du boulet.

335. REMARQUE. Trois cauſes, que nous ne ferons qu'indiquer ici, concourent à produire le prodigieux effort de la poudre & contre le canon & contre le boulet ; ſavoir, l'action exploſive du feu, le reſſort débandé de l'air, la force immenſe de la vapeur produite par l'inflammation. (823, 844.)

Quelques phyſiciens peu éclairés, ou peu attentifs, ont voulu attribuer le recul des armes à feu, du canon, par exemple, à une violente ſecouſſe de l'air qui ſe précipite par la bouche contre le culaſſe, à l'inſtant que la matiere enflammée a fait ſon éruption. Fauſſe explication, à toute ſorte de titres !

I°. Parce que le canon, par exemple, commence à reculer, ſelon Wolfe, avant que le boulet ſoit ſorti, & que l'air puiſſe y entrer.

II°. Parce que l'air ne peut ſe précipiter, avec violence, dans l'intérieur du canon, qu'autant que le canon ſeroit comme vuide d'air, à l'inſtant où ſe fait l'éruption de la poudre enflammée. Or il conſte par les obſervations, qu'un grain de poudre enflammée donne un volume d'air deux cent fois plus grand que ce grain même (729) : donc, loin d'être vuide d'air à l'inſtant où ſe fait l'éruption, le canon eſt rempli d'un volume exorbitant de molécules aériennes, qui, en ſe dégageant & en ſe débandant avec violence, exercent leur reſſort & contre le boulet & contre la culaſſe du canon.

III°. Parce que, quand même le canon ſeroit vuide d'air, la petite quantité qu'il peut en contenir, ne ſeroit pas capable, en s'y précipitant par ſon ſimple reſſort naturel, de lui imprimer une auſſi violente ſecouſſe.

PROBLÊME III.

336. *Expliquer, par les mêmes principes, comment & pourquoi une fuſée s'éleve dans l'air, contre ſa peſanteur.*

SOLUTION. La fuſée doit être conſidérée comme un canon fort léger, dont la culaſſe ſans lumiere eſt en haut; & dont le calibre tout rempli d'une matiere ſucceſſivement inflammable, n'a qu'une petite ouverture, évaſée en entonnoir par le bas, & deſtinée à donner paſſage à l'éruption de la matiere inflammable, à meſure qu'elle prend feu ſucceſſivement & comme par couches. La baguette, attachée parallellement à la fuſée, eſt deſtinée à faire prendre à la fuſée, par ſa gravitation vers le centre de la terre,

une direction toujours à peu près perpendiculaire à l'horiſon.

I°. La matiere inflammable qui prend feu dans la fuſée, non ſubitement & comme tout à coup, mais ſucceſſivement & comme par couches, fait la fonction d'un reſſort qui ſe déploie & ſe débande avec violence entre deux réſiſtances ; ſavoir, entre le corps de la fuſée qu'il tend à faire monter contre ſa gravité ; & la colonneinférieure d'air contigu, qu'il tend à faire deſcendre, malgré la preſſion des colonnes adjacentes qui la ſoutiennent & qui s'oppoſent à ſon déplacement. Le corps de la fuſée eſt comme le canon qui recule ; & les molécules aériennes ſont comme le boulet qui avance avec une vîteſſe incomparablement plus grande, en vertu de l'action exploſive de la poudre, qui lutte inceſſamment & contre le fond de la fuſée, & contre la colonne d'air qui aboutit à ſon orifice.

II°. Quoique la colonne inférieure d'air contigu ſemble d'abord devoir oppoſer fort peu de réſiſtance à l'éruption de la matiere enflammée ; cependant, comme la réſiſtance d'un fluide eſt proportionnelle au quarré de la vîteſſe du corps qui le frappe & le déplace (302), & que la vîteſſe de la matiere enflammée, qui frappe la colonne d'air, eſt immenſe : il s'enſuit que la réſiſtance qu'oppoſe la colonne d'air à la matiere enflammée qui ſort de la fuſée, doit être très-grande.

III°. La fuſée, en s'élevant dans l'air, a à vaincre, outre ſa peſanteur, la réſiſtance d'une colonne d'air égale à ſon diametre ; & cette réſiſtance lutte auſſi contre l'action de la force qui

l'éleve. Mais la résistance qu'oppose à l'action de la matiere enflammée la colonne d'air supérieure, est comme nulle en comparaison de la résistance que lui oppose la colonne d'air inférieure : parce que la colonne supérieure n'est frappée & déplacée que par la vîtesse du corps de la fusée ; & que la colonne inférieure est frappée & déplacée par la vîtesse incomparablement plus grande de la matiere enflammée qui s'échappe de la fusée. Or, comme les résistances d'un même fluide sont entre elles, comme les quarrés des vîtesses (302), & que la vîtesse de la matiere enflammée excede immensément la vîtesse du corps de la fusée ; il s'ensuit que la résistance opposée au corps de la fusée par la colonne supérieure, est comme nulle en comparaison de la résistance opposée à la matiere enflammée de la fusée par la colonne d'air inférieure. La fusée doit donc monter, au lieu de descendre, tant que dure l'éruption de la matiere enflammée, dont la force explosive, arrêtée & répercutée par la résistance de l'air, lutte contre le fond de la fusée avec un effort permanent, opposé & bien supérieur à l'effort de sa gravité.

PROBLÊME IV.

337. *Expliquer, par la théorie du ressort des corps, comment & pourquoi un globe élastique A, heurtant une file de globes élastiques, tous égaux à lui, reste en repos après le choc ; imprime tout son mouvement au dernier de la file, & laisse en repos tous les globes intermédiaires.* (fig. 19.)

SOLUTION. I°. Le globe élastique A, heurtant

le globe élaſtique B, doit perdre la moitie de ſon mouvement par le choc, & l'autre moitié par la réaction (331): il doit donc reſter immobile auprès du globe B.

II°. Le globe élaſtique B, après la compreſſion finie, eſt animé d'une tendance au mouvement, égale à tout le mouvement qu'a perdu le globe A: en vertu de ce mouvement initial, de ce mouvement arrêté & captivé par la réſiſtance du globe contigu C, il comprime ce globe contigu, & ſe comprime lui-même. Il perd la moitié de ſa force, par la compreſſion; & l'autre moitié, par la réaction: il doit donc reſter immobile & en repos. La même choſe arrive aux deux globes ſuivants C & D.

III°. Le globe élaſtique E, le dernier de la file, comprimé par la tendance au mouvement qu'a le globe précédent D, reçoit la moitié du mouvement primitif dans ſa compreſſion; & l'autre moitié, par ſa réaction; & comme rien ne s'oppoſe à la tendance qu'il a au mouvement, ce mouvement s'effectue, & l'emporte avec la même vîteſſe qu'avoit avant le choc, le corps frappant A.

338. REMARQUE. Comme tous ces globes ſont contigus, la compreſſion, quoique ſucceſſive, paſſe avec une inconcevable rapidité de l'un à l'autre, depuis le premier juſqu'au dernier du rang. Pendant la compreſſion, ces globes s'alongent dans leurs diametres B*b*, C*c*, D*d*; & s'applatiſſent dans leurs diametres *r s*: la réaction leur fait reprendre, bientôt après, leur état naturel.

Ces globes ne doivent point être conſidéré comme faiſant un ſeul tout, à raiſon de leus

contiguïté : parce que, s'ils ne faisoient qu'un seul tout, il n'y auroit qu'une seule compression & qu'une seule réaction ; au lieu qu'il y a réellement plusieurs compressions & plusieurs réactions successives, qui se détruisant réciproquement, depuis la premiere jusqu'à la derniere exclusivement, rétablissent le repos initial dans tous ces globes, à l'exclusion du dernier, dont le mouvement n'étant détruit ni par une compression à faire, ni par une réaction opposée à essuyer, persévere & s'effectue tout entier.

On conçoit, par cette même théorie, que si deux globes élastiques A & E égaux en masse & en vîtesse, venoient heurter au même instant en des sens opposés, la suite quelconque de globes B, C, D ; ces deux globes A & E, après le choc, rejailliroient avec la même vîtesse en A & en E : parce que, s'ils perdent tout leur mouvement par le choc opposé, ils recouvrent tout leur mouvement par la réaction, égale à la percussion.

Objections a réfuter.

339. Objection I. Les regles que nous venons de tracer sur la communication du mouvement, soit dans les corps sans ressort, soit dans les corps à ressort, vraies dans l'état métaphysique, cessent d'être vraies dans l'état physique des choses. Par exemple, quand un corps élastique va heurter, avec six degrés de mouvement, un autre corps élastique, égal en masse, en repos & mobile ; selon la théorie, le corps frappant devroit imprimer au corps frappé, six degrés de mouvement ; & cependant dans la pra-

tique, le corps frappé n'en a jamais qu'environ cinq ou cinq & demi : donc ces regles, admirables dans la théorie, ne servent à rien dans la pratique.

RÉPONSE. Nous avons déja observé qu'en traçant ces loix du mouvement, nous ferions abstraction de la gravité des corps, de la résistance des milieux, de l'imperfection du ressort dans les corps que nous nommons élastiques, de l'existence d'un très-petit ressort dans quelques corps que nous regardons comme non-élastiques. Toutes ces causes concourent communément à empêcher que dans la pratique & dans l'état physique des choses, les regles générales ne répondent, avec une exacte précision, à la théorie.

Il ne s'ensuit pas delà que ces regles soient vaines & trompeuses dans la pratique : parce qu'elles approchent si fort de la justesse dans l'état physique des choses, que le défaut de précision parfaite qu'elles peuvent avoir, défaut occasionné par les obstacles dont nous venons de parler, ne nuit en rien à l'estimation exacte des forces méchaniques. La raison en est, qu'après avoir évalué les forces dans l'état métaphysique d'après ces regles générales, on évalue aussi la résistance des obstacles qui doivent diminuer ces forces dans l'état physique. Par exemple, on sait par la théorie métaphysique, qu'un corps élastique, heurté avec une force comme 6, devroit avoir, après le choc, une force comme 6. Si on découvre qu'il n'a réellement après le choc qu'une force comme 5, on juge que la résistance occasionnée ou par l'air, ou par la gravité, ou par le défaut d'élasticité, détruit, dans

telle espece de corps, un sixieme de la force primitive : ainsi, au lieu d'attendre dans la pratique, un effet comme 6, on n'attendra plus qu'un effet comme 5 ; & on ne se trompera ni dans la théorie, ni dans la pratique.

340. OBJECTION II. Selon les loix du choc, que nous avons tracées, un grain de sable, lancé avec un foible mouvement contre un bloc de marbe, devroit mouvoir & déplacer plus ou moins ce bloc de marbre : puisque le mouvement du grain de sable, doit se partager, après le choc, entre le corps frappant & le corps frappé.

RÉPONSE. Nous avons démontré que le mouvement périt ou peut périr par la résistance (310) : donc la force d'inertie, très-considérable dans un gros bloc de marbre, peut & doit suffire pour rendre nul l'effet de ce petit mouvement : donc si ce grain de sable est sans ressort, son mouvement périt purement & simplement ; & si ce grain de sable est élastique, il se réfléchit avec un mouvement égal & opposé à celui qu'il avoit avant le choc.

341. OBJECTION III. Selon la loi du choc dans les corps à ressort, une boule d'ivoire rencontrant directement une égale boule d'ivoire sur un billard, devroit rester immobile après le choc (331) ; & cependant l'expérience nous fait voir qu'elle continue encore à se mouvoir après le choc : donc les loix que nous donnons sur la communication du mouvement, sont fausses & contraires à l'expérience.

RÉPONSE. Les loix que nous avons tracées, n'ont pour objet que le simple mouvement d'impulsion directe, occasionné par le choc ou par

la réaction. La boule d'ivoire, en roulant ſur le billard, a deux mouvemens différens; l'un, d'impulſion horiſontale, en vertu duquel elle ſe meut parallellement au billard; l'autre, de rotation ſur ſon axe, en vertu duquel toutes ſes parties circulent autour de cet axe. Le premier mouvement eſt l'objet de ces loix; le ſecond leur eſt totalement étranger. (*fig.* 17.)

I°. Le mouvement d'impulſion horiſontale, eſt communiqué tout entier par la boule frappante, à la boule frappée: en telle ſorte que ſi, après le choc, le billard s'évanouiſſoit, la boule frappante continueroit à rouler ſur ſon axe & ſur ſes poles, ſans avancer horiſontalement. Pour juſtifier cette théorie par l'expérience, placez une bille à l'extrêmité d'une table ſans rebords; & lancez horiſontalement contre cette bille, avec une vîteſſe quelconque, une autre bille égale, qui aille la frapper directement: après le choc, la boule frappée s'enfuit avec tout le mouvement de la boule frappante; & la boule frappante tombe perpendiculairement à terre, en roulant ſur ſon axe & autour de ſes poles.

II°. Mais ſur un tapis, la boule frappante, après avoir perdu ſon mouvement d'impulſion directe dans le choc, conſerve encore ſon mouvement de rotation ſur ſon axe: parce que ce mouvement n'a rien qui le détruiſe. Et comme ce mouvement de rotation ne peut ſubſiſter ſur un tapis où le frottement a lieu, ſans que le centre de cette bille ſe meuve en avant; la bille continue, après le choc, à ſe porter en avant, non en vertu de ſon mouvement horiſontal qui n'eſt plus, mais en vertu de ſon mouvement de

rotation qui ſubſiſte, juſqu'à ce que la peſanteur de la boule & la réſiſtance du tapis, aient totalement détruit ce mouvement de rotation.

ARTICLE CINQUIEME.

MOUVEMENT COMPOSÉ.

342. DÉFINITION I. LE mouvement ſimple & le mouvement compoſé different entre eux, ou à raiſon de la cauſe qui les produit, ou à raiſon du terme où ils tendent.

I°. On nomme *mouvement ſimple*, un mouvement qui n'obéit qu'à une ſeule force, ou qui ne tend qu'à un ſeul terme. Tel eſt le mouvement d'un corps qui, en vertu de ſa gravité, tombe par une ligne perpendiculaire à l'horiſon: ce mouvement eſt l'effet d'une ſeule cauſe, & tend vers un ſeul terme.

II°. On nomme *mouvement compoſé*, un mouvement qui eſt produit par l'action conjointe & ſimultanée de pluſieurs cauſes dont la direction n'eſt pas la même, ou qui tend à la fois vers différens termes. Tel eſt le mouvement d'un corps qu'on jette horiſontalement par une fenêtre : ce corps obéit & à ſon impulſion, & à ſa gravitation; & il tend à chaque inſtant, & vers le centre de la terre & vers un différent point de l'horiſon. (*fig.* 18.)

Si deux puiſſances ont préciſément la même direction, comme deux poids C & D, ſuſpendus l'un au-deſſus de l'autre à une même ficelle perpendiculaire à l'horiſon; ces deux puiſſances ſont conſidérées comme une ſeule puiſſance; & le

mouvement qu'elles produiſent dans la même direction & vers le même terme, n'eſt point cenſé mouvement compoſé, mais mouvement ſimple. Pour que le mouvement ſoit cenſé compoſé, à raiſon des cauſes auxquelles il doit l'exiſtence, il fautt que ces cauſes n'aient point préciſément une même direction, il faut que les directions de ces cauſes, ou ſoient diamétralement oppoſées, ou faſſent un angle plus ou moins grand entre elles.

343. DÉFINITION II. On nomme *puiſſance méchanique*, ou ſimplement *puiſſance*, une cauſe quelconque, animée ou inanimée, qui produit ou tend à produire un mouvement dans un mobile. L'action d'un cheval qui traîne un carroſſe, la gravitation d'un poids ſur une balance, l'impulſion d'un boulet contre un mur, d'un courant d'eau contre une roue, ſont des puiſſances méchaniques.

I°. Un même effet, un même mouvement, peut être produit par l'action conjointe & ſimultanée de pluſieurs puiſſances; & alors ces puiſſances ſe nomment *puiſſances conſpirantes*. Deux puiſſances ſont d'autant plus conſpirantes, qu'elles ſe favoriſent davantage dans leur effet commun.

II°. Pour ſimplifier cette théorie, nous ſuppoſerons que l'action conjointe & ſimultanée de deux puiſſances ſur un mobile, coïncide & ſe réunit toujours au centre du mobile. Quand les deux puiſſances agiſſent en des ſens diamétralement oppoſés A *m*, A *n*; la double direction de leur action ne fait point d'angle au centre du mobile. (*fig.* 18.)

Mais quand les deux puiſſances n'agiſſent ni

dans la même direction, ni dans des directions diamétralement opposées, la double direction de leur action fait un angle au centre du mobile; & cet angle, aigu, droit, ou obtus, se nomme l'*angle de direction* des deux puissances. Par exemple : (*fig.* 20, 21, 22.)

Si le mobile A est tiré d'une part dans la direction AB, & de l'autre, dans la direction AC; l'angle BAC est l'angle de direction des deux puissances conspirantes B & C.

III°. Pour simplifier toujours cette théorie du mouvement composé, nous supposerons encore que les puissances conspirantes sont des *forces constantes* ; c'est-à-dire, qu'elles conservent pendant tout le tems de leur action, la même activité, sans accroissement & sans diminution; ou que, si elles souffrent quelque augmentation ou diminution de mouvement, ce mouvement croît ou diminue proportionnellement dans l'une & dans l'autre.

Il s'agit, dans tout cet article, d'évaluer l'effet de plusieurs forces motrices, dont l'action conjointe & simultanée produit ou tend à produire le mouvement dans un même corps. Ce mouvement, effet unique de plusieurs puissances plus ou moins opposées, plus ou moins conspirantes, peut être ou *en ligne droite*, ou *en ligne courbe* : nous allons le considérer sous ce double point de vue dans les deux paragraphes suivants.



PARAGRAPHE PREMIER.

MOUVEMENT COMPOSÉ RECTILIGNE.

REGLE I.

344. *Quand un corps mobile eſt tiré en des ſens diamétralement oppoſés par deux puiſſances conſtantes, dont les directions ſont une ligne droite au centre du mobile : ce corps reſte en repos, ſi les deux puiſſances ſont égales ; & ſi les deux puiſſances ſont inégales, ce corps ſe meut dans la direction de la plus grande puiſſance, ſelon l'excès d'activité qu'a cette puiſſance ſur l'autre.* (fig. 18.)

DÉMONSTRATION. Cette regle renferme, comme on voit, deux cas différents qu'il faut diſtinguer, le cas d'égalité & le cas d'inégalité entre les deux forces motrices.

I°. Si les deux puiſſances B & C ſont égales, leur action oppoſée A *m*, A *n*, ſe combat & ſe détruit réciproquement : donc cette double action, détruite par une égale réſiſtance de part & d'autre, eſt nulle par rapport au mobile A. Donc le mobile A, qui ne peut ſe mouvoir par lui-même, & qui n'eſt pas plus ſollicité à ſe mouvoir vers B que vers C, ne ſe mouvra ni vers B, ni vers C : donc ce mobile A, livré à l'action oppoſée de deux puiſſances égales & diamétralement oppoſées, reſtera en repos.

II°. Si les deux puiſſances B & C ſont inégales, le mobile A, indifférent par lui-même au repos & au mouvement, doit céder néceſſairement à la puiſſance qui l'attire le plus fortement ; mais il ne doit céder à cette puiſſance plus forte,

qu'à raiſon de l'excès d'activité qu'elle a ſur l'autre : parce que la moindre puiſſance B conſerve toute ſon activité ; & exerce cette activité à détruire dans la puiſſance prédominante C D, une quantité de force égale à la ſienne. Donc dans la plus grande puiſſance, la partie d'activité oppoſée à la moindre puiſſance, eſt comme nulle par rapport au mobile A : donc le mobile A ne s'avancera vers la puiſſance prédominante CD, qu'en vertu de l'excès de force D, qu'a cette puiſſance ſur la puiſſance oppoſée. Donc ſi les deux puiſſances oppoſées ſont entre elles comme 3 eſt à 2, par exemple, le mobile ne cédera à la puiſſance victorieuſe, que comme ſi agiſſant ſeule & ſans obſtacle contre le mobile, ſa force étoit préciſément égale à 1. C. Q. F. D.

REGLE II, ET FONDAMENTALE.

345. *Si un mobile eſt tiré par deux puiſſances conſtantes, dont les directions faſſent un angle quelconque dans ſon centre ; ce mobile, en vertu de ſa double impulſion, parcourra la diagonale d'un parallélogramme conſtruit ſur la direction & ſur le rapport des deux puiſſances conſpirantes.* (fig. 20, 21, 22.)

EXPLICATION. Un *parallélogramme* eſt une figure formée par quatre lignes droites, dont les angles & les côtés oppoſés ſont égaux. La *direction des puiſſances* eſt la ligne que chacune ſéparément tend à faire décrire au mobile. Un parallélogramme conſtruit ſur la direction & ſur le rapport de deux puiſſances, eſt un parallélogramme dont les côtés, partants du centre du mobile,

concourent avec les directions des deux puissances, & sont entre eux en longueur, comme les deux puissances sont entre elles en activité. La ligne droite AD, menée d'un angle à l'angle opposé, est la *diagonale* que doit suivre ou décrire le centre du mobile, dans son mouvement produit par l'action conjointe & simultanée des deux puissances conspirantes B & C.

DÉMONSTRATION I. Supposons que dans un tems déterminé, dans une seconde, par exemple, le mobile A dût être porté en B, par la force AB, si elle agissoit seule; & en C, par la force AC, si elle agissoit seule: partageons cette seconde en quatre petits tems égaux. (*fig.* 20.)

I°. Si le mobile A étoit livré à la seule force AB; à la fin du premier tems, il auroit parcouru le quart de la ligne AB, & se trouveroit au point *m*: il auroit atteint la ligne *mv*, parallele à la ligne AC. Si le mobile A étoit livré à la seule force AC; à la fin du premier tems il auroit parcouru le quart de la ligne AC, & se trouveroit au point *r*: il auroit atteint la ligne *rv*, parallele à la ligne AB.

II°. Comme les directions de ces deux puissances ne sont point diamétralement opposées entre elles, & que le mobile peut s'approcher à la fois des deux lignes *mv*, *rv*; à la fin du premier tems, ayant obéi successivement aux deux puissances, le mobile se trouvera en *v*.

III°. Par la même théorie, pendant les trois tems suivants, le mobile A, tendant toujours de même à obéir à l'action conjointe & simultanée des deux forces qui l'animent, se trouvera en *x*, à la fin du second tems; en *y*, à la fin du troisieme

troisieme tems ; en D, à la fin du quatrieme tems, ou au bout d'une seconde.

IV°. Par la même théorie encore, dans tous les instants intermédiaires de ces quatre petits tems égaux, le mobile, ou plutôt le centre du mobile, se trouvera de même successivement dans quelque point correspondant de la ligne AD : donc ce mobile, en vertu de l'impulsion des deux forces AB & AC, aura parcouru dans une seconde, la ligne AD. Or la ligne AD est la diagonale d'un parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport des deux puissances conspirantes : donc un mobile, en vertu de la double impulsion de deux puissances constantes & conspirantes, parcourt la diagonale d'un parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport des deux forces qui le meuvent. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION II. Si deux marteaux M & N, mus par deux ressorts fixes & d'inégale force, frappent en un même instant, une boule de bois ou d'ivoire, posée sur un plan horisontal ; on verra cette boule A parcourir la ligne AD, qui sera la diagonale d'un parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport des deux impulsions AB & AC. Si l'impulsion AC restant la même, on lui associe une impulsion AG, plus foible que AB ; la boule A parcourt la ligne AH, qui est la diagonale d'un nouveau parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport des deux impulsions AC & AG : donc la théorie & l'expérience démontrent de concert la vérité de la regle fondamentale que nous venons de tracer sur le mouvement composé rectiligne. C. Q. F. D.

DIVERS COROLLAIRES.

346. COROLLAIRE I. *La diagonale d'un parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport de deux puissances conspirantes, exprime & la quantité de leur action & la quantité de leur effet.*

EXPLICATION. I°. La diagonale exprime la quantité de leur effet : puisqu'elle exprime la vîtesse imprimée au mobile ; laquelle vîtesse est comme l'espace parcouru dans un tems déterminé ; & par là même, comme la longueur de la diagonale que parcourt le mobile dans un tems déterminé.

II°. La diagonale exprime la quantité de leur action conjointe sur le mobile : puisque l'effet est toujours proportionnel à la cause qui le produit ; & que la longueur de la diagonale exprime l'effet commun des deux puissances, ou la vîtesse & le mouvement qu'elles impriment conjointement au mobile.

347. REMARQUE. La vîtesse du mouvement composé est moindre que la somme des deux vîtesses qui le font naître : puisque la diagonale AD, qui exprime la vîtesse du mouvement composé, est moindre que les deux côtés AB & AC, qui expriment les vîtesses des deux forces motrices. La raison en est, que les deux vîtesses AB & AC, que tendent à imprimer au mobile les deux forces motrices, ont des directions incompatibles, & se résistent plus ou moins l'une à l'autre à raison de cette incompatibilité : elles doivent donc imprimer moins de vîtesse au mobile, que si elles concouroient à le mouvoir dans la même direction. (*fig.* 20, 21, 22.)

I°. Plus l'angle de direction eſt petit, plus eſt grand l'effet commun des deux puiſſances : parce que leurs directions ſont d'autant moins incompatibles & ſe réſiſtent d'autant moins l'une à l'autre, qu'elles ſont moins éloignées de coïncider en une même direction.

II°. Plus l'angle de direction eſt grand, plus eſt petit l'effet commun des deux puiſſances : parce que leurs impulſions ſont d'autant plus incompatibles & ſe réſiſtent d'autant plus l'une à l'autre, qu'elles ſont plus éloignées de la coïncidence en une même direction.

348. COROLLAIRE II. *Quand les directions de deux puiſſances conſpirantes forment un angle droit au centre du mobile ; chacune d'elles s'exerce ſur le mobile, comme ſi elle étoit libre de la part de l'autre : chaque puiſſance obtient préciſément ſon effet, ſans augmentation & ſans diminution.* (fig. 22.)

EXPLICATION. Soit le mobile A, animé d'une impulſion horiſontale qui tende à le porter en B dans une ſeconde, & d'une impulſion verticale qui tende à le porter en C dans la même ſeconde.

I°. La puiſſance qui agit horiſontalement, tend à mener le mobile, dans une ſeconde, en B; ou à faire parcourir à ce mobile, dans une ſeconde, un eſpace horiſontal égal à A B; & il lui eſt indifférent que le mobile arrive, au bout de cette ſeconde, en B, ou en D, ou en tout autre point de la ligne B D.

II°. La puiſſance qui agit verticalement, que nous regarderons ici comme conſtante, tend à mener le mobile, dans une ſeconde, à une diſtance égale à A C; & cette diſtance, de haut en

bas, ſe trouve par-tout dans la ligne C D.

Ainſi, quand l'une & l'autre puiſſance agiſſent conjointement ſur le mobile, qu'elles emportent dans la diagonale A D, chacune d'elles a ſon plein effet, ſans augmentation & ſans diminution, comme ſi le mobile étoit libre de la part de l'autre: elles ne s'aident ni ne ſe nuiſent relativement à leur effet particulier.

349. COROLLAIRE III. *Il n'en eſt pas de même quand l'angle de deux puiſſances eſt obtus ou aigu: l'effet de l'une des deux eſt diminué dans le premier cas, & augmenté dans le ſecond.* (fig. 21, 23.)

EXPLICATION. I°. Si la puiſſance horiſontale AB, & la puiſſance A C oblique à l'horiſon, agiſſent contre le mobile A, ſous l'angle obtus B A C; le mobile parcourt la diagonale A D: l'effet de la puiſſance horiſontale eſt diminué de la quantité B *m*; & cette diminution ſera d'autant plus grande, que l'angle de direction ſera plus obtus.

II°. Si la puiſſance horiſontale A R, & la puiſſance A T oblique à l'horiſon, agiſſent contre le mobile A, formant entre elles l'angle aigu R A T; le mobile parcourt la diagonale A S: l'effet de la puiſſance horiſontale eſt augmenté de la quantité R *m*; & cette augmentation ſera d'autant plus grande, que l'angle de direction ſera plus aigu. (347.)

350. APPLICATION. Il eſt facile de réſoudre, d'après cette théorie générale du mouvement compoſé, une foule de problêmes particuliers, que l'œil ou l'imagination peuvent préſenter à l'eſprit. Par exemple, (*fig.* 31.)

I°. *Quelle route doit ſuivre un bateau* A, *tiré obli-*

quement contre le courant de l'eau, par deux puissances conspirantes m & n, *de l'un & de l'autre côté du rivage?* Il doit se mouvoir par le milieu de la riviere, si les deux forces sont égales : puisque cette direction A B est la diagonale d'une infinité de parallélogrammes, construits à chaque instant sur la direction & sur le rapport des deux forces qui agissent sur le bateau A.

II°. *Quelle route doit suivre un noyau de cerise, échappé d'entre les doigts qui le pressoient obliquement de part & d'autre?* En faisant abstraction de sa gravité, qui lui donne un mouvement accéléré vers le centre de la terre, il doit parcourir une ligne qui seroit la diagonale d'un parallélogramme construit sur la direction & sur le rapport des deux forces ou des deux pressions qui le mettent en mouvement.

III°. En supposant qu'un cavalier qui court à toute bride, se meut d'un mouvement toujours égal sur une ligne droite, tenant un fusil toujours perpendiculaire à l'horison, *où tomberoit la balle élancée du sein du fusil, si la poudre venoit à prendre feu?* Dans la bouche du fusil, si ce cas métaphysique pouvoit être réduit exactement en pratique. (*fig.* 32.)

La raison en est, que la balle F, en sortant du fusil, a deux mouvements différents : un mouvement vertical F *e*, occasionné par l'impulsion de la poudre enflammée ; & un mouvement horisontal F *f*, qui est le mouvement même du cavalier. D'où il s'ensuit que la bale F, en vertu du mouvement vertical qui subsiste pendant un certain tems, & du mouvement horisontal qui est constant, doit s'élever & ensuite descendre en suivant les diagonales

FE, ED, DC, CB, BA, AS, ST, TV, VY, YZ, d'une ſuite de parallélogrammes conſtruits ſur la direction & ſur le rapport des deux forces, verticale & horiſontale, qui l'animent. Quand la balle ſera en E, le fuſil vertical du cavalier ſera en *f*: quand la balle ſera en C, le fuſil ſera en G : quand la balle ſera en A, le fuſil ſera en P : quand la balle ſera en V, le fuſil en K ; & ainſi du reſte. La balle, arrivée à ſa plus grande élévation, a perdu tout ſon mouvement vertical aſcendant, & ſa gravité lui donne un autre mouvement vertical deſcendant qui, ſe combinant avec le mouvement horiſontal toujours ſubſiſtant, la ramene dans la bouche du fuſil en Z. La route que ſuit la balle en queſtion eſt une parabole dont nous parlerons ailleurs, mais qui réſulte du mouvement compoſé dont il eſt ici queſtion.

IV°. On doit faire attention en mille & mille circonſtances, à cette duplicité de mouvement, laquelle influe plus ou moins ſenſiblement dans les réſultats qu'on attend d'un mobile. Par exemple, un corps que l'on jette du ſein d'une barque ou d'un caroſſe, qui ſe meuvent avec rapidité, n'a pas la même direction qu'il auroit ſi la barque ou le caroſſe étoient repos ; parce que le corps participe & du mouvement de la main qui le lance, & du mouvement du caroſſe ou de la barque d'où il eſt lancé : il ſuit donc la diagonale d'un parallélogramme conſtruit ſur la direction & ſur le rapport des deux cauſes qui le mettent en mouvement.



DÉCOMPOSITION DES FORCES.

351. OBSERVATION. Nous venons de voir que deux forces qui agiſſent ſur un même mobile ſelon différentes directions, produiſent moins d'effet ou moins de mouvement dans ce corps, que ſi elles agiſſoient dans la même direction : que la ſomme des deux forces iſolées, eſt comme les deux côtés du parallélogramme; & leur action conjointe, comme la diagonale du même parallélogramme. (347.)

Il conſte encore par l'expérience, qu'une même force qui agit directement & perpendiculairement contre un mobile, lui imprime une plus grande impulſion, que quand elle agit obliquement. Par exemple, un boulet de canon, qui frappe perpendiculairement un mur, produit un plus grand effet que quand il le frappe obliquement : dans le premier cas, toute ſa force s'exerce contre le mur; dans le ſecond, une partie de ſa force eſt ſans action & ſans effet contre le mur.

Il s'agit ici d'évaluer & l'action conjointe de deux forces ſur un même mobile, & l'action oblique d'une même force contre une réſiſtance; & c'eſt ce que nous allons faire dans les deux problêmes ſuivants.

PROBLÊME I.

252. *Etant donnés, la vîteſſe imprimée à un mobile par l'action conjointe de deux puiſſances, & l'angle que la direction de chaque puiſſance fait ſur la direction du mobile; déterminer & la ſomme commune des deux forces motrices; & la ſomme iſolée de chaque force motrice.* (fig. 20, 21, 22.)

EXPLICATION. I°. D'un point quelconque A, tirez une ligne indéfinie AB, & une autre ligne indéfinie AC, qui faſſent entre elles un angle égal à la ſomme des deux angles donnés.

II°. Sur cet angle total BAC, prenez une partie BAD, égale à l'angle que fait la direction de la puiſſance AB ſur la direction du mobile; & tirez la ligne indéfinie AD: l'angle total BAC aura été diviſé en deux angles qui ſeront reſpectivement égaux aux deux angles donnés, ou aux deux angles formés par la direction du mobile & par la direction des deux forces qui le meuvent.

III°. Suppoſons maintenant que la vîteſſe imprimée au mobile, par l'action conjointe des deux forces conſpirantes, qui eſt la vîteſſe donnée, ſoit comme 30. Sur une ligne diviſée exactement en parties égales, prenez avec le compas une longueur de trente parties; & du point A, portez cette ouverture de compas ſur la ligne indéfinie AD. Une extrêmité du compas étant poſé en A, l'autre extrêmité tombera ſur un point D; & la ligne AD ſera égale à trente parties. (*Math.* 411.)

IV°. De ce point D, tirez une ligne DB, parallele à la ligne AC; & une autre ligne DC, parallele à la ligne AB: vous aurez un parallélogramme ABCD, dont AD ſera la diagonale. Après ces préparatifs, il eſt facile de réſoudre les deux parties du problême.

SOLUTION I. On ſait que la vîteſſe du mouvement compoſé eſt à la ſomme des deux vîteſſes qui la font naître, comme la diagonale eſt à la ſomme des deux côtés. Prenez donc avec le compas, la longueur du côté AB, & portez cette

longueur ſur la même ligne des parties égales où vous avez pris la longueur de la diagonale A D: faites la même choſe pour le côté A C : vous aurez en parties connues la longueur des deux côtés A B & A C; vous aurez par là même, les deux forces motrices A B & A C, exprimées par la longueur de ces côtés. Par exemple, la diagonale étant ſuppoſée de trente parties égales, ſuppoſons que le côté A B ſoit de 25, & le côté A C de 18 : la ſomme des deux vîteſſes motrices ſera $25 + 18 = 43$. Dans ce cas, le mobile n'ayant que 30 degrés de vîteſſe, il y aura 13 degrés de vîteſſe ou de force, détruits par l'incompatibilité des deux directions.

SOLUTION II. Comme les deux côtés A B & A C expriment les deux vîteſſes qu'imprimeroient au mobile les deux forces motrices, ſi elles agiſſoient ſur lui ſéparément ; ces deux côtés connus font connoître & ces deux forces & leur rapport : dans l'exemple que nous venons de citer, la force A B eſt à la force A C, comme 25 eſt à 18 ; & les deux forces ſont décompoſées. Telle eſt la ſolution du fameux problême de la décompoſition des forces conjointes.

353. REMARQUE. Si deux forces motrices A B & A C, avec une ſomme de mouvement comme 43, produiſent dans le mobile A un mouvement ou une tendance au mouvement comme 30; une force comme 30, qui agiroit directement contre le mobile dans la direction D A, le tiendroit en repos, & feroit équilibre avec les deux puiſſances A B & A C : parce que la force directe D A égale à 30, auroit autant d'action contre le mobile A, qu'en ont les deux

forces conſpirantes A B & A C, dont l'action eſt en partie détruite par l'incompatibilité de leurs directions.

PROBLÊME II.

354. *Eſtimer l'action d'une force qui agit obliquement, ou décompoſer une force oblique.* (fig. 22.)

SOLUTION. Suppoſons que le mobile A, en vertu de l'impulſion des deux marteaux M & N, ſe meuve avec 20 degrés de vîteſſe contre C D, que nous regarderons comme un plan ſolide.

I°. Il eſt évident que le mobile A ne tend point à frapper le plan C D, en vertu de l'impulſion A B que lui imprime le marteau M; puiſque cette impulſion A B ne lance point le mobile contre le plan C D: donc la partie de la force motrice que le mobile A reçoit du marteau M, eſt nulle relativement au plan C D.

II°. Il eſt évident que le mobile A, en vertu de l'impulſion A C, qu'il reçoit du marteau N, tend à heurter le plan C D: donc la partie de la force motrice que le mobile A reçoit du marteau N, a ſeule ſon action contre le plan C D.

III°. La force entiere du mobile A, produite par les deux forces conſpirantes A B & AC, doit donc être conſidérée, relativement au plan qu'elle frappe, comme ſi elle étoit diviſée & décompoſée en deux forces A B & A C, l'une parallele au plan, l'autre perpendiculaire au plan : la premiere A B n'a point d'action contre le plan ; la ſeconde A C exerce ſeule ſon action contre le plan.

IV°. Il réſulte delà, que pour décompoſer une force oblique, il ne s'agit que de conce-

voir en-deçà du point D où le mobile doit frapper le plan, un rectangle quelconque, dont la direction du mobile soit la diagonale, & dont le plan soit un côté. Dans la force totale du mobile, quelles que soient sa vîtesse & sa masse, la partie qui frappe, est à la partie qui ne frappe point, comme le côté AC perpendiculaire au plan frappé, est au côté AB parallele au même plan. Par exemple, si le côté perpendiculaire est égal au côté parallele, la force du mobile doit être divisée en deux parties égales, dont une seule frappe le plan. Si le côté perpendiculaire AC est deux fois plus petit que le côté parallele AB, la force motrice du mobile doit être divisée en trois parties, dont une seule frappe le plan; & ainsi du reste.

V°. Il est évident que si la force oblique AD, au lieu de naître de deux impulsions, naissoit de deux attractions AB & AC, la même décomposition auroit lieu; & que dans la force totale AD, la partie qui attire en C est à la partie qui attire en B, comme le côté AC est au côté AB.

355. REMARQUE. Il est indifférent pour la percussion, que la force motrice du mobile soit produite par une seule force ou par plusieurs forces conspirantes. Cette force motrice du mobile qui va frapper un plan, est toujours la même en sa nature, quelles qu'en soient la source & la cause. Considérée par rapport au terme où elle va produire son effet, elle doit être divisée & décomposée de même en deux actions, l'une parallele & l'autre perpendiculaire au plan.

Une force oblique AB (*fig.* 24.) peut être envisagée comme formée d'une infinité de petits

pas, les uns paralleles, les autres perpendiculaires au plan GH. Cette force oblique, divifée en pas paralleles & en pas perpendiculaires au plan, fera une force décompofée en fes deux actions *a g n*, dont l'une eft nulle & l'autre eft efficace par rapport au plan.

356. COROLLAIRE. *La force impulfive d'un corps contre un plan, eft la plus grande qu'elle puiffe être, quand elle frappe perpendiculairement ce plan; & quand elle prend différents degrés d'obliquité, elle décroît comme les finus des angles d'incidence.* (fig. 30.)

EXPLICATION. I°. La force impulfive d'un corps P, lutte toute entiere contre le plan GH, quand elle frappe perpendiculairement ce plan: dans ce cas, fon action ne fe décompofe point en deux parties dont l'une foit fans effet. Cette action totale, & totalement active contre le plan, eft repréfentée par le rayon PB, qui eft le finus de l'angle droit. (*Math.* 634.)

II°. Quand cette même force impulfive devient oblique par rapport au plan, fon action totale AB, fe décompofe en deux parties; l'une AD, parallele au plan & fans effet; l'autre AM, perpendiculaire au plan, & feule active. Dans ce cas l'action totale du mobile étant repréfentée par AB = PB, la partie impulfive de cette action totale fera repréfentée par la perpendiculaire AM, qui eft le finus de l'angle d'incidence ABG.

III°. Si cette même force impulfive prend encore plus d'obliquité, enforte qu'elle agiffe dans la direction SB; elle fe décompofe encore en deux actions, l'une ST parallele au plan &

nulle dans la percuſſion ; l'autre S V perpendiculaire au plan & ſeule active dans la percuſſion. Dans ce cas, la partie impulſive de la force totale, eſt comme la perpendiculaire S V qui eſt le ſinus de l'angle d'incidence S B H ; & ainſi du reſte. Donc la force impulſive d'un corps, en devenant oblique au plan qu'elle frappe, décroît comme les ſinus des angles d'incidence.

357. REMARQUE. Si un mobile P, au lieu de frapper un plan, frappe un corps à ſurface courbe, par exemple, un globe B X ; la direction P B du corps frappant eſt perpendiculaire au corps frappé, quand elle tend à paſſer par le centre X du corps frappé : dans ce cas, la force impulſive ne ſe décompoſe point ; elle lutte toute entiere contre le globe B. Mais quand la direction A B ou S B du corps frappant, tend à paſſer hors du centre du globe ; alors elle eſt oblique, & cette obliquité ſe meſure par les angles A B G ou S B H, que fait la direction du corps frappant ſur la tangente G H menée au point de contact. Dans ce cas, la force impulſive du corps frappant ſe décompoſe en deux parties, dont l'une eſt nulle, l'autre active dans la percuſſion ; comme ſi le point de contact étoit un plan G H : & la théorie que nous venons de donner dans le problême & dans le corollaire précédents, eſt la même pour un corps à ſurface plane & pour un corps à ſurface courbe.



PARAGRAPHE SECOND.

MOUVEMENT COMPOSÉ CURVILIGNE.

358. OBSERVATION. Tout mouvement composé n'est pas curviligne : puisqu'il y a un mouvement composé en ligne droite, celui dont nous venons de donner la théorie. Mais tout mouvement curviligne est nécessairement composé : puisque tout mouvement tend naturellement à s'effectuer en ligne droite (308); & qu'il ne peut s'effectuer en ligne courbe, que par l'influence de deux causes conjointes & simultanées, dont l'une le porte à chaque instant à la ligne droite, & l'autre l'écarte à chaque instant de la ligne droite.

Parmi les deux forces qui meuvent un mobile en ligne courbe, l'une tend sans cesse à éloigner le mobile du centre de son mouvement; l'autre tend sans cesse à attirer le mobile vers le centre de son mouvement : c'est la combinaison de ces deux forces qui détermine la nature de la courbe décrite par le mobile.

359. DÉFINITION I. On nomme *centre du mouvement*, le point commun vers lequel une force tend à précipiter le mobile, & loin duquel l'autre force tend à emporter le même mobile. Dans le mouvement circulaire, le centre de mouvement est le centre même du cercle : dans le mouvement elliptique, le centre de mouvement est un des foyers F de l'ellipse, espece de cercle dont le centre C s'est indéfiniment écarté en F & en G, alongeant un côté & applatissant l'autre côté de la courbe. (*fig.* 28.)

360. DÉFINITION II. Il y a trois forces à considérer dans le mouvement curviligne ; une force centripete, une force projectile, une force centrifuge. (*fig.* 29.)

I°. On nomme *force centripete*, la force qui tend à rapprocher le mobile du centre du mouvement. La force *a c*, qui tend à faire déscendre le mobile par le rayon vers le centre C, eſt la force centripete de ce mobile.

II°. On nomme *force projectile*, ou force tangentielle, la force qui tend à emporter le mobile par la tangente à ſa courbe. La force *ab* eſt la force projectile de ce mobile.

III°. Le mobile ne peut s'enfuir par la tangente à ſa courbe, ſans s'éloigner du centre de ſon mouvement : la force projectile lui donne donc néceſſairement une *force centrifuge*, ou une force en vertu de laquelle il tend ſans ceſſe à s'éloigner du centre C de ſon mouvement. Cette force centrifuge, née de la force projectile, eſt toujours moindre que la force projectile : puiſque *b d*, qui exprime la force centrifuge, eſt néceſſairement moindre que *a b*, qui exprime la force projectile.

La force centrifuge eſt toujours égale à la force centripete, dans un cercle : $bd = ac$. Il n'en eſt pas de même dans l'ellipſe, où ces deux forces ſouffrent des changemens continuels, l'une ſe trouvant tour à tour tantôt auſſi grande, tantôt plus grande, tantôt moins grande que l'autre ; comme nous l'expliquerons ailleurs.



PROPOSITION I.

361. *Un mobile qui ſe meut en ligne circulaire, décrit ſucceſſivement une infinité de petites diagonales, occaſionnées par l'action toujours uniforme d'une force projectile & d'une force centripete qui le meuvent.* (fig. 29.)

DÉMONSTRATION. I°. Un mobile qui ſe meut en ligne circulaire, obéit néceſſairement à plus d'une force : puiſque, s'il n'obéiſſoit qu'à une ſeule force, il ſe mouvroit en ligne droite, & non en ligne courbe (308). Par exemple, ſi le mobile *a* n'obéiſſoit qu'à la force *a b*, il ſe mouvroit perſévéramment dans la direction *a b*, par la tangente. Si le même mobile n'obéiſſoit qu'à la force *a c*, il ſe mouvroit perſévéramment dans la direction *a c*, par le rayon. Ces deux forces combinées ſont néceſſaires & ſont ſuffiſantes pour produire le mouvement circulaire du mobile ; comme nous allons le faire voir : donc il n'y a ni plus, ni moins que ces deux cauſes, dans le mouvement circulaire du mobile.

II°. Un mobile qui ſe meut en ligne circulaire, eſt toujours également éloigné du centre de ſon mouvement : donc les deux forces qui tendent conjointement, & à l'approcher & à l'éloigner du centre C de ſon mouvement, reſtent toujours dans le même rapport entr'elles, ſans augmentation & ſans diminution. Donc les directions de ces deux forces font toujours entr'elles un angle droit : puiſque ſi elles faiſoient un angle obtus ou un angle aigu, elles ne conſerveroient pas leur même rapport. (348, 349.)

III°.

III°. Un mobile qui ſe meut en ligne circulaire, doit donc être conſidéré dans un point quelconque *a* de ſa courbe, comme livré à deux forces *ab*, *ac*, dont les directions par la tangente & par le rayon, font toujours un angle droit au centre du mobile : donc, par la théorie du mouvement composé rectiligne, le mobile *a*, obéiſſant à l'action des deux forces conſpirantes *ab* & *ac*, doit dans un tems infiniment petit, décrire la diagonale *ad* d'un infiniment petit parallélogramme rectangle conſtruit ſur la direction & ſur le rapport des deux forces conſpirantes. Donc le mobile, à la fin de ce tems très-petit, ne ſe trouvera ni en *b*, ni en *c*, mais en *d*.

IV°. Le mobile, arrivé en *d*, eſt encore livré à deux forces *dx*, *de*, reſpectivement égales aux deux précédentes : il parcourra donc encore, dans un tems infiniment petit, la diagonale *dn*. Dans les tems ſuivants, le mobile parcourra de même, & par le même méchaniſme, les diagonales *nm*, *mr*, & ainſi de ſuite dans la circonférence entiere du cercle. Donc un mobile livré à l'action toujours uniforme d'une force projectile & d'une force centripete, doit décrire, dans une infinité d'inſtants infiniment petits, une infinité de petites diagonales, dont la ſomme ſera la courbe circulaire. C. Q. F. D.

PROPOSITION II.

362. *Un mobile qui ſe meut en ligne elliptique, décrit une infinité de petites diagonales, occaſionnées par l'action alternativement croiſſante & décroiſſante d'une force projectile & d'une force centripete qui le meuvent.* (fig. 28.)

EXPLICATION. Sans entrer ici dans aucun détail & sur la nature de l'ellipse & sur la cause physique du mouvement elliptique, objets que nous traiterons avec soin dans la géométrie & dans l'astronomie ; nous supposerons que la figure 28 représente une ellipse, & que le corps mu dans cette courbe, a toujours pour centre de mouvement, pendant toute sa révolution, le point F, qui est un des foyers de l'ellipse. (*Math.* 749, 757.)

I°. Dans cette courbe, ainsi que dans la précédente, le mobile obéit nécessairement à deux forces conspirantes qui le sollicitent conjointement à se mouvoir, l'une par le rayon de la courbe, l'autre par la tangente à la courbe : le mobile, par la théorie du mouvement composé rectiligne, doit donc, dans chaque tems infiniment petit, décrire les diagonales de tout autant d'infiniment petits parallélogrammes construits sur la direction & sur le rapport des deux forces qui le meuvent. Le mobile, dans une infinité d'instants infiniment petits, parcourra donc une infinité de petites diagonales *ad*, *dn*, *nr*, *rs*, *st*, *tv*, *vx*, *xy*, *yz*, *z*1, 1*k*, *ko*, *og*, *ga*, dont la somme sera la courbe elliptique.

II°. Si les angles que font au centre du mobile la direction de la force projectile & la direction de la force centripete, étoient toujours des angles droits, comme dans le cercle ; le mobile ne s'approcheroit & ne s'éloigneroit jamais du centre F de son mouvement : parce que ces deux forces n'étant jamais ni plus ni moins conspirantes dans leurs directions à angles droits, elles conserveroient toujours précisément chacune leur même quantité d'action, sans augmen-

tation & ſans diminution (348) ; & imprimeroient inceſſamment au mobile la même quantité de mouvement centripete & de mouvement centrifuge, leſquels étant perſévéramment égaux & oppoſés, retiendroient toujours le mobile à la même diſtance du centre F de ſon mouvement.

Mais ſi les directions des deux forces, qui meuvent le mobile, font entr'elles tantôt des angles droits, tantôt des angles obtus, tantôt des angles aigus; l'action conjointe de ces deux forces, qui agiſſent toujours par la tangente & par le rayon, doit varier avec ces angles : le mouvement du mobile devient plus grand, quand l'angle des deux puiſſances conſpirantes devient plus petit; le mouvement du mobile devient moins grand, quand l'angle des deux puiſſances conſpirantes devient plus grand (349). Or dans un mouvement elliptique, la direction de la force projectile & la direction de la force centripete font des angles qui varient ſans ceſſe : l'angle *l a* F eſt droit; l'angle *e d* F eſt obtus ; tous les angles ſuivants deviennent de plus en plus obtus, jusqu'à l'angle *p x q*, qui eſt encore droit : tous les angles ſuivants ſont de plus en plus aigus, juſqu'à ce que le mobile, après une révolution entiere, arrive de nouveau au point *a*, où l'angle droit recommence comme auparavant. Donc le mouvement d'un mobile qui décrit une courbe elliptique, doit tantôt augmenter, tantôt diminuer : donc un mobile qui ſe meut en ligne elliptique, décrit une infinité de petites diagonales, occaſionnées par l'action alternativement croiſſante & décroiſſante d'une force projectile & d'une force centripete qui le ſollicitent ſans ceſſe

à ſe mouvoir l'une par la tangente, l'autre par le rayon.

Nous expliquerons dans l'aſtronomie, les loix particulieres que ſuivent ces deux forces, que nous n'enviſageons ici que relativement au méchaniſme du mouvement composé. Cette théorie préſente, comme on voit, une image ébauchée du mouvement qui emporte les planetes & les cometes autour du ſoleil, centre commun de leurs révolutions elliptiques.

ARTICLE SIXIEME.

MOUVEMENT ACCÉLÉRÉ.

LA théorie du mouvement accéléré, l'application de cette théorie à la baliſtique, tel eſt le double objet de cet article.

PARAGRAPHE PREMIER.

LOIX DE L'ACCÉLÉRATION DES GRAVES.

363. OBSERVATION I. Il n'y a rien de plus certain & de plus digne d'attention dans toute la phyſique, que le phénomene du mouvement accéléré des graves. Les *graves*, ou les corps peſants, en tombant librement vers leurs centres, parcourent plus d'eſpace au ſecond tems qu'au premier, au troiſieme qu'au ſecond : ce qui ne peut avoir lieu, ſans que leur vîteſſe croiſſe & s'accélere ſelon quelque proportion qu'il faut déterminer. Par exemple, une balle qui me tombe ſur la tête, de la hauteur d'un pouce, ne me fait

point de mal: ſi elle me tombe ſur la tête d'une hauteur de 30 ou 40 pouces, elle me cauſe une contuſion douloureuſe. La maſſe de la balle eſt la même dans l'un & dans l'autre cas; cependant la force motrice de la balle eſt de beaucoup plus grande dans le ſecond que dans le premier: donc il faut que dans le ſecond cas, la vîteſſe de la balle ſoit de beaucoup plus grande, que dans le premier (272): donc il faut que la balle ait accéléré ſa vîteſſe, pendant les différents tems de ſa chûte. Mais ſelon quelle proportion ſe fait cette augmentation de vîteſſe?

Avant Galilée, la plupart des philoſophes penſoient, ſans trop ſavoir pourquoi, que la vîteſſe des graves, dans leur chûte libre, s'accéléroit ſelon la progreſſion croiſſante des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, & ainſi de ſuite: en telle ſorte que ſi un corps, en tombant librement pendant pluſieurs tems égaux, parcouroit une toiſe dans le premier tems; il devoit parcourir deux toiſes dans le ſecond, trois toiſes dans le troiſieme, quatre toiſes dans le quatrieme; & ainſi du reſte.

Galilée, après avoir examiné & approfondi cette matiere, démontra que cette vîteſſe s'accélere, non ſelon la progreſſion croiſſante des nombres naturels, mais ſelon la progreſſion croiſſante des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, & ainſi de ſuite: en telle ſorte que ſi un corps, qui tombe librement pendant pluſieurs tems égaux, parcourt une toiſe dans le premier tems de ſa chûte; il doit parcourir trois toiſes dans le ſecond, cinq toiſes dans le troiſieme, ſept toiſes dans le quatrieme, neuf toiſes dans le cinquieme, onze toiſes dans le ſixieme, & ainſi

de ſuite. La théorie de Galilée, ſur l'accélération des graves, eſt une des plus belles productions de l'eſprit humain : nous allons l'expoſer & la mettre en uſage dants tout cet article.

364. OBSERVATION II. Nous ferons voir ailleurs que la peſanteur des corps a pour cauſe unique la loi générale de gravitation ou d'attraction, en vertu de laquelle tous les corps tendent vers certains centres communs. Mais quelles que ſoient & la nature & la cauſe de la peſanteur, il eſt certain, & qu'elle exiſte, & qu'elle agit perſévéramment dans les graves. La théorie de ſon action eſt donc indépendante de la théorie de ſa nature & de ſa cauſe ; & il n'eſt ici queſtion que de ſon action, qu'il s'agit d'évaluer dans ſes progrès.

I°. Il conſte par les obſervations (248), que *la peſanteur dans nos contrées, fait parcourir aux graves, dans la premiere ſeconde de leur chûte libre, environ* 15 *pieds de France*, qui font environ 16 pieds d'Angleterre, ou une perche angloiſe.

II°. Il conſte encore par les obſervations (254), que *la peſanteur augmente à meſure que le grave qui en eſt animé, s'approche du centre de la terre* ; & que cette *puiſſance variable* croît & décroît dans un même grave, placé à différentes diſtances du centre de la terre, en raiſon inverſe du quarré de ces diſtances (1272).

III°. Il conſte enfin par les obſervations, que *la peſanteur eſt ſenſiblement la même dans un grave placé à quelques centaines de pieds plus près ou plus loin du centre de la terre*. Par exemple : (*fig.* 13.)

Si un corps D, avec ſa ficelle C D, fait préciſément équilibre en C avec la balance oppoſée ; ce même corps, deux ou trois cents pieds

plus bas en D, fera encore précisément équilibre avec cette balance. La raison en est, que la gravité des corps terrestres croît & décroît en raison inverse des quarrés de leurs distances au centre de la terre; & que, si l'on compare le quarré du simple rayon terrestre, avec le quarré du même rayon augmenté ou diminué, par exemple, de cent toises, on trouvera que leurs différences sont comme infiniment petites, comme on peut le voir par le calcul, si on veut se donner la peine de faire cette analogie: la pesanteur d'un corps en C est à la pesanteur du même corps en D, comme le quarré du rayon terrestre aboutissant à D, est au quarré du même rayon terrestre aboutissant à C. La distance CD étant supposée de 100 toises, la différence des deux quarrés, & par là même des deux pesanteurs, ne sera que d'environ un quatre-vingt-dix millieme; quantité comme infiniment petite, & nécessairement insensible.

Ainsi, quoique la gravité ou pesanteur des corps soit une *puissance réellement variable*, quand elle agit dans des distances du centre de la terre notablement différentes; on peut & on doit la considérer, avec Galilée, comme une *puissance sensiblement constante & uniforme* dans les différentes élévations où nous pouvons observer la chûte des graves près de la surface de la terre. Nous ferons voir ailleurs que si un corps a sensiblement plus de pesanteur sous les poles que sous l'équateur, ce corps sous les poles est plus près du centre de la terre au moins de six ou sept lieues; quantité notable, qui doit mettre une différence sensible, & entre les quarrés des

diſtances, & entre les peſanteurs qui en ſont une dépendance.

PROPOSITION I.

365. *Quelles que ſoient la nature & la cauſe de la gravité, on doit la regarder comme une force toujours inhérente ou toujours appliquée au mobile, laquelle, par des impulſions toujours nouvelles & toujours égales, le ſollicite perſévéramment à s'approcher du centre de ſon mouvement avec une vîteſſe inceſſamment croiſſante.*

DÉMONSTRATION. I°. Si la gravité étoit une force extrinſeque au mobile, laquelle, après lui avoir imprimé ſon impulſion, ceſſât d'agir ſur lui; le mobile, en vertu de l'impulſion reçue, ſe mouvroit d'un mouvement uniforme, ſans augmenter ſa vîteſſe. Car, comment & pourquoi l'augmenteroit-il, s'il n'y a point de cauſe qui agiſſe de nouveau ſur lui? Mais il conſte par l'expérience, que le mobile augmente à chaque inſtant ſa vîteſſe: donc la gravité n'eſt point une cauſe extrinſeque au mobile, laquelle, après lui avoir imprimé ſon impulſion, ceſſe d'agir ſur lui: donc la gravité doit être conſidérée comme une cauſe toujours attachée & toujours inhérente au mobile, laquelle, par des impulſions non-interrompues, lui imprime à chaque inſtant une vîteſſe nouvelle, un nouveau degré de tendance vers le centre de ſon mouvement.

II°. Comme la gravité eſt une force ou réellement ou équivalemment intrinſeque & inhérente au mobile; quelle que ſoit la vîteſſe du mobile, elle a également priſe ſur lui: donc

quelle que soit la vîtesse du mobile, dans la direction ou contre la direction de sa gravité, la gravité agit de même sur lui, & exerce également contre lui ses impulsions sans cesse réitérées.

III°. Quoique nous ne puissions pas évaluer le nombre des impulsions qu'exerce la gravité contre le mobile pendant le premier tems déterminé de sa chûte, par exemple pendant la premiere seconde; cependant nous pouvons juger avec assurance, que cette cause constante & invariable en elle-même, intrinseque & inhérente au mobile, exercera contre le mobile, pendant le second tems de sa chûte, le même nombre d'impulsions que dans le premier tems : on peut dire la même chose du troisieme tems, du quatrieme, du cinquieme, & ainsi de suite. Donc le mobile, dans chaque tems déterminé de sa chûte, par exemple, dans chaque seconde, doit recevoir de l'action permanente de la gravité, une augmentation de mouvement égale au mouvement acquis pendant la premiere seconde. Donc, si la seule gravité a fait parcourir au mobile 15 pieds pendant la premiere seconde, la seule gravité, abstraction faite de toute autre cause, doit faire parcourir au même mobile 15 pieds de plus pendant chaque seconde suivante : donc le mobile doit s'avancer vers le centre de son mouvement avec une vîtesse toujours croissante, pendant tout le tems d'une chûte libre où rien ne lui résiste, par exemple dans un vuide parfait. C. Q. F. D.



PROPOSITION II, ET FONDAMENTALE.

366. *Les graves, dans leur chûte libre, accélerent leur mouvement ſelon la progreſſion croiſſante des nombres impairs.* (fig. 27.)

PREUVE TIRÉE DE L'EXPÉRIENCE.

DÉMONSTRATION I. Soit un aſſez long fil de métal A B C D, tendu dans une direction oblique à l'horiſon, & le long duquel un mobile M tende par ſa gravité à ſe mouvoir en roulant ſur ſa petite poulie. Soit auſſi un pendule P adapté à cette expérience, en telle ſorte que le fil X, qui arrête le mobile prêt à commencer ſa chûte, arrête auſſi le pendule prêt à commencer ſa vibration; & que le fil étant coupé en X, le pendule commence ſa vibration, & le mobile ſa chûte, au même inſtant. Il s'agit d'obſerver exactement le point du fil de métal, où ſe trouvera le mobile M, à la fin de chaque vibration égale & iſochrone.

Or on obſervera qu'à la fin de la premiere vibration, le mobile M aura parcouru un eſpace comme 1, & ſe trouvera en A; qu'à la fin de la deuxieme vibration, le mobile aura parcouru un nouvel eſpace trois fois plus grand que le premier, & ſe trouvera en B; qu'à la fin de la troiſieme vibration, le mobile aura parcouru un nouvel eſpace cinq fois plus grand que le premier, & ſe trouvera en C; qu'à la fin de la quatrieme vibration, le mobile aura parcouru un nouvel eſpace ſept fois plus grand que le premier, & ſe trouvera en D.

Il eſt clair que le mouvement accéléré de ce mobile, & de tout autre mobile qu'on voudra lui ſubſtituer, a pour cauſe l'action de la gravité, laquelle agit dans la chûte oblique comme dans la chûte perpendiculaire : avec cette ſeule différence, que dans la chûte oblique le long du fil de métal qui réſiſte perſévéramment à la gravité, l'action de cette force en partie détruite, fait parcourir au mobile, dans chaque tems égal, un eſpace proportionnellement moindre, que l'eſpace qui ſeroit parcouru dans une chûte perpendiculaire, où la gravité exerceroit toujours toute ſon action contre le mobile.

Les eſpaces que la gravité fait parcourir à un mobile, pendant les tems ſucceſſivement égaux de ſa chûte, croiſſent ſelon la progreſſion 1, 3, 5, 7: donc les graves, dans leur chûte libre, accélerent leur mouvement ſelon la progreſſion croiſſante des nombres impairs. C. Q. F. D.

PREUVE TIRÉE DE LA RAISON.

DÉMONSTRATION II. Les graves, dans leur chûte libre, tombent, ou s'approchent du centre de leur mouvement, en vertu de leur gravité: *donc ils tombent avec une vîteſſe accélérée ſelon la progreſſion croiſſante des nombres impairs.* Il s'agit de démontrer cette conſéquence, & c'eſt ce que nous allons faire, en employant la théorie de Galilée, ſans recourir au calcul de l'infini, qui ſeroit trop étranger à la plupart des lecteurs. (*fig.* 25.)

PRÉPARATION. Soit un triangle rectangle quelconque A B C, lequel peut être augmenté à l'infini A H M. Que le côté A B exprime une ſeconde

de tems, divisée en 1000 instants égaux, que nous regarderons comme des tems infiniment petits. Concevons ce triangle ABC, rempli d'autant de lignes paralleles à la base BC, que la seconde a d'instants égaux : ensorte que ces 1000 lignes croissent successivement selon la progression des nombres naturels 0, 1, 2, 3, 4, 5 ... 999, 1000. Comme la gravité est une force constante & uniforme, réellement ou équivalemment inhérente & intrinseque au mobile (365); le mobile pendant chacun des 1000 instants égaux qui composent chaque seconde, doit recevoir de l'action de la gravité, la même impulsion ou la même somme d'impulsions : l'action de la gravité sur le mobile, sera donc la même dans chaque instant égal séparément pris. Sur quoi, examinons & suivons l'action accumulée de la gravité sur le mobile, pendant plusieurs secondes d'une chûte libre, en faisant abstraction de toute résistance de milieux.

I^e^. SECONDE. Dans l'instant qui précede immédiatement la chûte du mobile, ou dans le dernier instant de repos, la vîtesse du mobile est = 0.

Pendant le premier instant de la chûte, la gravité qui commence à agir sur le mobile, lui imprime une vîtesse quelconque = 1, qui sera exprimée par la premiere ligne = 1.

Si à la fin de ce premier instant la gravité étoit anéantie, ou cessoit d'agir sur le mobile, le mobile continueroit à se mouvoir, pendant le second instant, avec la vîtesse 1, qu'il a acquise par l'action de la gravité pendant le premier instant de sa chûte. Mais la gravité subsiste & agit dans le mobile, pendant le second instant,

comme pendant le premier : donc la gravité produira dans le mobile, pendant le ſecond inſtant, une nouvelle vîteſſe égale à la premiere : donc, à la fin du ſecond inſtant, le mobile aura une vîteſſe comme 1, en vertu du mouvement acquis pendant le premier inſtant de ſa chûte ; & une nouvelle vîteſſe comme 1, en vertu de l'action que la gravité exerce ſur lui pendant le ſecond inſtant de ſa chûte. Cette vîteſſe qu'aura le mobile à la fin du ſecond tems, ſera exprimée dans le triangle par la ſeconde ligne = 2.

Si a la fin du ſecond inſtant la gravité étoit anéantie, ou ceſſoit d'agir ſur le mobile ; le mobile, en vertu de ſa vîteſſe actuelle qu'il doit à l'impulſion de la gravité auparavant exiſtante & maintenant détruite, continueroit à ſe mouvoir uniformément dans la même direction, avec une vîteſſe = 2, à laquelle rien ne réſiſte. Mais la gravité ſubſiſte & agit dans le mobile pendant le troiſieme inſtant, comme pendant le premier & pendant le ſecond. Donc, à la fin de ce troiſieme inſtant, le mobile aura une vîteſſe = 2, en vertu du mouvement qu'il avoit à la fin du ſecond inſtant ; & une nouvelle vîteſſe = 1, en vertu de l'action de la gravité pendant ce troiſieme inſtant. La ſomme 3 de ces vîteſſes du mobile, à la fin du troiſieme inſtant, ſera exprimée dans le triangle par la troiſieme ligne = 3.

On peut appliquer le même raiſonnement à tous les inſtants ſuivants juſqu'au millieme incluſivement, qui complette la premiere ſeconde de la chûte du mobile. Ainſi, à la fin de la premiere ſeconde de ſa chûte, le mobile aura acquis une ſomme croiſſante de vîteſſes, qui ſera ex-

primée par les 1000 lignes du triangle A B C, ou par la ſomme des nombres naturels 0, 1, 2, 3, 4, 5 . . . 999, 1000.

D'où il s'enſuit, que dans les tems infiniment petits de la chûte libre d'un grave, la vîteſſe s'accélere ſelon la ſuite croiſſante des nombres naturels 0, 1, 2, 3, 4, 5, & ainſi de ſuite à l'infini. Il ſera facile de faire voir que cette accélération, ſelon la ſuite des nombres naturels dans des tems infiniment petits, donne une accélération ſelon la ſuite des nombres impairs dans des tems immenſément plus grands, tels que des ſecondes & des minutes.

IIe. SECONDE. Diviſons par la penſée cette deuxieme ſeconde, ainſi que la premiere, en 1000 inſtants égaux, que nous conſidérerons encore comme infiniment petits. Comme la premiere ſeconde a été exprimée par la ligne A B, exprimons cette nouvelle ſeconde par la ligne égale B D du triangle rectangle A D G, que nous allons encore remplir de lignes paralleles à la baſe D G.

A la fin de la premiere ſeconde, ou du millieme inſtant, la vîteſſe du mobile étoit = 1000; & elle étoit exprimée par la ligne B C = 1000: donc, ſi la gravité du mobile étoit anéantie pendant les 1000 inſtants qui compoſent cette deuxieme ſeconde, le mobile, continuant à ſe mouvoir uniformément en vertu de ſa derniere vîteſſe acquiſe, que rien ne détruit, parcourroit dans les 1000 inſtants de cette nouvelle ſeconde, 1000 lignes égales à la ligne B C; leſquelles 1000 lignes empliroient l'aire du rectangle B C E D, lequel rectangle eſt deux fois plus grand, comme on voit, que le triangle A B C. Mais la gravité

ſubſiſte & agit dans le mobile pendant cette deuxieme ſeconde, comme elle a agi pendant la premiere : donc le mobile, en vertu de la gravité qui l'anime toujours, parcourroit encore pendant cette ſeconde diviſée en 1000 inſtants, une ſomme de lignes égale aux 1000 lignes croiſſantes du triangle A B C, égale par conſéquent à une ſomme de lignes croiſſantes qui empliroient la ſurface du triangle C E G = A B C.

Ainſi, à la fin de la deuxieme ſeconde, la ſomme de tous les eſpaces parcourus par le mobile, ſera repréſentée par les 1000 lignes qui empliroient le rectangle B C E D, & par les 1000 lignes qui empliroient le triangle adjacent C E G. Or la ſomme de ces lignes B C G D eſt trois fois plus grande que la ſomme des lignes A B C : donc la vîteſſe du mobile, pendant la deuxieme ſeconde, ſera trois fois plus grande que la vîteſſe du même mobile pendant la premiere ſeconde de ſa chûte ; puiſque les tems étant égaux, les vîteſſes ſont comme les eſpaces parcourus (265) ; & que les lignes qui empliroient l'eſpace B E D, B E C, C E G, excedent évidemment trois fois les lignes qui empliſſent l'eſpace A B C. Donc la vîteſſe du mobile pendant la premiere ſeconde, eſt à la vîteſſe du mobile pendant la deuxieme ſeconde, comme A B C eſt à B C G D, ou comme 1 eſt à 3.

IIIe. SECONDE. Diviſons encore cette troiſieme ſeconde en 1000 inſtants égaux, & exprimons-la par D H = A B.

A la fin de la deuxieme ſeconde, la derniere vîteſſe du mobile, correſpondante au dernier inſtant, étoit D E + E G, ou 1000 + 1000 : donc, ſi la gravité du mobile étoit anéantie pendant

toute la durée de cette ſeconde, le mobile, en vertu de ſa ſeule vîteſſe acquiſe, parcourroit 1000 lignes qui empliroient la ſurface du parallélogramme rectangle DGKH, lequel renferme quatre triangles égaux au triangle ABC. Mais la gravité ſubſiſte & agit dans le mobile pendant cette troiſieme ſeconde, comme pendant la précédente: donc le mobile, en vertu de ſa gravité, parcourra encore une ſomme de lignes qui empliroit le triangle GKM. Donc, à la fin de cette troiſieme ſeconde, la vîteſſe du mobile exprimée par les cinq triangles compris entre DGMH, ſera cinq fois plus grande qu'à la fin de la premiere ſeconde, où elle étoit exprimée par le triangle ABC. La vîteſſe du mobile, pendant les trois ſecondes que nous venons d'analyſer, ſera donc comme 1, 3, 5, croiſſant d'une ſeconde à l'autre ſelon la ſuite des nombres impairs.

IVe. SECONDE. Par la même théorie, on démontrera qu'à chaque nouvelle ſeconde ſuivante, la vîteſſe du mobile doit augmenter ſelon la progreſſion aſſignée. Car ſi on prolonge à l'infini les côtés AB & AC du triangle, on conçoit qu'à la fin de chaque ſeconde, les parallélogrammes qui ſeroient décrits en vertu des dernieres vîteſſes acquiſes BC, DG, HM, ſeroient entre eux, comme 2, 4, 6, & ainſi de ſuite; & que la gravité, toujours ſubſiſtante & toujours agiſſante dans le mobile, doit, à la fin de chaque nouvelle ſeconde, avoir augmenté le parallélogramme correſpondant d'une quantité égale au premier triangle ABC: donc, à la fin de chaque ſeconde, les vîteſſes totales, correſpondantes à chaque ſeconde, feront entr'elles ſelon la progreſſion

greſſion croiſſante des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, & ainſi de ſuite : donc le mouvement des graves, en faiſant abſtraction de la réſiſtance des milieux, doit s'accélérer ſelon la ſuite croiſſante des nombres impairs. C. Q. F. D.

Objections a réfuter.

367. OBJECTION I. Il n'eſt point certain que la gravité ſoit une force intrinſeque & inhérente au mobile; puiſque cette gravité peut avoir pour cauſe, l'impulſion extrinſeque d'une matiere diſtinguée du corps gravitant : donc la théorie que nous venons de donner, & qui ſuppoſe la gravité intrinſeque & inhérente au mobile, porte ſur une ſuppoſition incertaine, ſur un fondement ruineux.

RÉPONSE. I°. Quelles que ſoient & la nature & la cauſe de la gravité, il conſte par l'expérience, que cette force agit uniformément & perſévéramment ſur le mobile, comme ſi elle étoit intrinſeque & inhérente au mobile : donc on peut enviſager cette force, dans la théorie de ſon action, comme ſi elle étoit intrinſeque & inhérente au mobile; puiſque les effets ſont les mêmes, quelle que ſoit la nature de la cauſe qui les produit : donc la théorie que nous venons de donner ne ſuppoſe rien d'incertain ſur la cauſe de la gravité; puiſqu'elle en fait totalement abſtraction, pour n'enviſager que ſes effets.

II°. Nous démontrerons ailleurs, que la gravité des corps n'a pour cauſe ni l'impulſion de la matiere éthérée des Cartéſiens, ni l'impulſion d'aucune autre matiere quelconque : que la gra-

vité des corps eſt une propriété inhérente à leur nature & attachée à leur propre ſubſtance, en conſéquence de la loi générale d'attraction qui ſollicite tous les corps à tendre ſans ceſſe les uns vers les autres. Donc, en regardant la gravité comme une force ou réellement ou équivalemment intrinſeque au mobile, nous ne ſuppoſons rien d'incertain, nous ne bâtiſſons ſur aucun fondement ruineux.

368. OBJECTION II. Par la théorie que nous venons de donner, le mouvement accéléré d'un mobile, croît ſelon la progreſſion arithmétique des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, d'un inſtant à l'autre, dans les tems qu'on enviſage comme infiniment petits : pourquoi ce mouvement accéléré croit-il dans une progreſſion totalement différente 1, 3, 5, 7, 9, d'une ſeconde à l'autre, d'une minute à l'autre?

RÉPONSE. La gravité eſt une force toujours ſubſiſtante & toujours agiſſante, dont les impulſions ſe répetent ſans ceſſe contre le mobile; dont l'effet va toujours en croiſſant, d'un inſtant infiniment petit à l'autre inſtant infiniment petit. Il faut donc, pour évaluer ſon action totale, tenir compte de toutes ces impulſions ſucceſſives qui accélerent la vîteſſe, d'un inſtant à l'autre; & pour tenir compte de toutes ces impulſions ſucceſſives de la gravité, il faut diviſer le tems en inſtants ſi courts, que l'on puiſſe regarder l'impulſion de la gravité comme unique, dans chaque inſtant iſolé. C'eſt ſous ce point de vue que nous avons enviſagé les 1000 inſtants d'une ſeconde; c'eſt-à-dire, comme des inſtants aſſez courts pour que la vîteſſe correſ-

pondante à chaque inſtant iſolé, ne ſoit préciſément que la vîteſſe du dernier inſtant précédent, augmentée de la vîteſſe produite par une unique impulſion pendant l'inſtant actuel.

Il y a donc, dans cette théorie, un double calcul de la vîteſſe accélérée. L'un a pour objet l'accroiſſement de vîteſſe dans chaque inſtant infiniment petit, accroiſſement exprimé par des lignes qui augmentent ſelon la ſuite des nombres naturels. L'autre a pour objet l'accroiſſement de vîteſſe dans une ſomme notable d'inſtants infiniment petits; accroiſſement exprimé par des ſurfaces ABC, BCGD, DGMH, qui augmentent évidemment ſelon la ſuite des nombres impairs.

En eſtimant l'accroiſſement de vîteſſe ſelon la ſuite des nombres naturels dans les tems infiniments petits, on prend la ſomme entiere de tous les accroiſſemens, & le calcul eſt juſte. Mais en eſtimant de la même maniere l'accroiſſement de vîteſſe dans des tems notablement longs, par exemple dans des ſecondes, on ne prendroit pas l'accroiſſement de vîteſſe qui a lieu d'un inſtant à l'autre pendant la durée de chaque ſeconde; & le calcul ſeroit défectueux. Il faut donc néceſſairement une différente eſtimation de la vîteſſe, dans les tems infiniment petits & dans les tems notablement longs.

369. OBJECTION III. Selon la théorie même que nous venons de donner, la vîteſſe ne s'accélere, d'une ſeconde à l'autre, que ſelon la ſuite des nombres naturels: puiſqu'à la fin des trois ſecondes ſucceſſives, les vîteſſes acquiſes ſont comme les lignes BC, DG, HM, qui ſont entre elles, comme 1, 2, 3.

RÉPONSE. La ligne BC n'eſt pas l'expreſſion de toute la vîteſſe de la premiere ſeconde : puiſque la vîteſſe de la premiere ſeconde eſt exprimée par toutes les lignes paralleles du triangle ABC. De même, la ligne DG n'eſt pas l'expreſſion de toute la vîteſſe de la deuxieme ſeconde : puiſque la vîteſſe de cette deuxieme ſeconde eſt exprimée par toutes les lignes qui empliroient le trapeze BCGD.

Les *dernieres vîteſſes* des tems infiniment petits qui terminent chaque ſeconde, croiſſent entre elles comme les nombres naturels : mais la *ſomme des vîteſſes* de chaque ſeconde, croît d'une ſeconde à l'autre, comme les nombres impairs.

370. OBJECTION IV. Pluſieurs habiles phyſiciens ont fait des expériences en grand ſur le mouvement accéléré des corps, qu'ils faiſoient tomber de différentes hauteurs en comparant les eſpaces parcourus, avec le nombre de ſecondes employées à les parcourir ; & jamais l'expérience ne s'eſt trouvée d'accord avec la théorie de Galilée : donc cette théorie de Galilée, oppoſée à l'expérience, ne doit point être admiſe dans la phyſique.

RÉPONSE. Les expériences faites par les plus habiles phyſiciens ſur le mouvement accéléré des corps, s'accordent parfaitement avec la théorie de Galilée, quand les tems de la chûte ſont fort courts, & les eſpaces parcourus fort petits : ce qui annonce que, ſi dans les expériences en grand, quand les corps tombent d'une hauteur conſidérable, les eſpaces parcourus ſont moindres en réalité, qu'ils ne devroient être ſelon la théorie de Galilée, il faut en attribuer le défaut à la réſiſtance des milieux, laquelle croiſ-

ſant comme le quarré de la vîteſſe, doit être fort grande, quand la vîteſſe eſt notablement augmentée. Or la théorie de Galilée fait abſtraction de cette réſiſtance des milieux : puiſqu'elle a pour objet les corps dans leur chûte libre, ou les corps tombants dans un pur eſpace, dans un milieu où rien ne leur réſiſte, dans un vuide parfait.

DIVERS COROLLAIRES.

371. COROLLAIRE I. *Quand un corps, livré à ſa gravité, tombe librement pendant pluſieurs tems égaux, par exemple, pendant pluſieurs ſecondes; les eſpaces parcourus par ce corps, à la fin de chaque tems, ſont comme les quarrés des tems.*

DÉMONSTRATION. Par la théorie que nous venons d'expoſer & de démontrer, à la fin du premier tems, l'eſpace parcouru eſt $= 1$ quarré de 1 : à la fin du ſecond tems, l'eſpace parcouru eſt $1 + 3 = 4$ quarré de 2 : à la fin du troiſieme tems l'eſpace parcouru eſt $1 + 3 + 5 = 9$ quarré de 3 : à la fin du quatrieme tems, l'eſpace parcouru eſt $1 + 3 + 5 + 7 = 16$ quarré de 4 : à la fin du cinquieme tems, l'eſpace parcouru ſeroit $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$ quarré de 5; & ainſi de ſuite pour les tems ſuivants. Donc, quand un grave tombe librement pendant pluſieurs tems égaux & connus, on trouve la ſomme préciſe des eſpaces parcourus, en prenant le quarré des tems qu'il a employés dans ſa chûte. Par exemple, comme les corps parcourent une perche angloiſe dans la premiere ſeconde de leur chûte libre (364); ſi un corps

eſt tombé pendant 10 ſecondes, le quarré de 10, qui eſt 100, donnera la hauteur de 100 perches angloiſes, d'où eſt tombé ce corps pendant ces 10 ſecondes. C. Q. F. D.

372. REMARQUE. En diviſant une ſeconde en quatre portions égales, qui ſeront de 15 tierces chacune, on trouvera que *les corps qui parcourent* 16 *pieds d'Angleterre pendant la premiere ſeconde de leur chûte libre, parcourent un pied dans le premier quart,* 3 *pieds dans le ſecond quart,* 5 *pieds dans le troiſieme quart,* 7 *pieds dans le quatrieme quart de cette ſeconde:* puiſque leur mouvement s'accélere d'une portion de ſeconde à l'autre, comme d'une ſeconde à l'autre, ſelon la ſuite des nombres impairs. $1 + 3 + 5 + 7 = 16$.

373. COROLLAIRE II. *Un corps en tombant librement d'une hauteur quelconque, a acquis à la fin de ſa chûte, une vîteſſe en vertu de laquelle, ſi ſa direction devenoit rétrograde, il remonteroit préciſément à la même hauteur d'où il eſt tombé.* (fig. 26.)

DÉMONSTRATION. Qu'un corps A tombe pendant deux ſecondes, que nous diviſerons encore chacune en 1000 inſtants égaux: il parcourra deux eſpaces qui ſeront exprimés, l'un par le triangle ABD, l'autre par le trapeze BDFC (366). La derniere vîteſſe de ce corps, au dernier inſtant de ſa chûte, ſera = CF.

I°. Si cette *derniere vîteſſe* CF, devenue rétrograde, étoit conſtante & duroit pendant une ſeconde ou pendant 1000 inſtants; le mobile rétrograde A, en vertu de cette vîteſſe conſtante, parcourroit pendant 1000 inſtants, 1000 lignes égales à CF, ou un nombre de lignes qui em-

pliroient la ſurface entiere du parallélogramme FCBG : le mobile, dans une ſeconde, atteindroit la même hauteur, d'où il eſt tombé en deux ſecondes ; puiſque le parallélogramme F C B G, qui exprimeroit la vîteſſe totale du mobile rétrograde pendant une ſeconde, eſt égal au triangle A F C, qui exprime la vîteſſe totale du mobile pendant deux ſecondes.

Mais le mobile rétrograde a ſa gravité, par qui ſa vîteſſe eſt retardée en montant, comme elle a été accélérée en deſcendant ; puiſque cette force toujours inhérente au mobile, doit toujours agir de même ſur lui. Suppoſons ſa derniere vîteſſe CF = 2000 : cette vîteſſe rétrograde, luttant ſans ceſſe contre l'action permanente & oppoſée de la gravité, décroîtra ſelon la ſuite des nombres naturels pendant les 1000 inſtants égaux de la premiere ſeconde ; & ſera ſucceſſivement 2000 — 1, 2000 — 2, 2000 — 3... 2000 — 999, 2000 — 1000. Donc à la fin de la premiere ſeconde, le mobile, en montant, aura parcouru, non un eſpace proportionnel au parallélogramme C F G B, mais ſimplement un eſpace proportionnel au trapeze B D F C.

II°. A la fin de la premiere ſeconde, le mobile, en montant, a pour *derniere vîteſſe* BD = 1000. Si cette derniere vîteſſe étoit conſtante & duroit 1000 inſtants ; le mobile rétrograde A, en vertu de cette derniere vîteſſe, parcourroit 1000 lignes égales à B D, ou un nombre de lignes qui empliroient l'aire du parallélogramme B D E A.

Mais le mobile rétrograde eſt ſans ceſſe retardé par ſa gravité : donc ſa derniere vîteſſe B D = 1000, ſera pendant les 1000 inſtants de

cette deuxieme ſeconde, 1000 — 1, 1000 — 2, 1000 — 3... 1000 — 999, 1000 — 1000 = 0, qui ſera l'état de repos. Donc le mobile, en montant, aura parcouru pendant cette deuxieme ſeconde, non un eſpace proportionnel au parallélogramme B D E A, mais ſimplement un eſpace proportionnel au triangle A D B.

III°. On conçoit facilement comment la même théorie & la même démonſtration auroient lieu, ſi le mobile étoit tombé pendant un plus grand nombre de ſecondes. Donc un mobile qui tombe librement en vertu de ſa gravité, a acquis, à la fin de ſa chûte, une vîteſſe qui devenant rétrograde, le porteroit préciſément à la même hauteur d'où il a commencé de tomber. C. Q. F. D.

374. REMARQUE I. Un mobile, qui tombe librement en vertu de ſa gravité, n'a parcouru que la moitié de l'eſpace qu'il eût parcouru, s'il ſe fût mu, pendant tout le tems de ſa chûte, avec la même vîteſſe qu'il a à la fin de ſa chûte : puiſque s'il ſe fût mu pendant tout le tems de ſa chûte, avec ſa derniere vîteſſe C F, il eût parcouru un eſpace proportionnel au parallélogramme A C-F M; au lieu qu'il n'a parcouru qu'un eſpace proportionnel au triangle A F C, qui n'eſt que la moitié du parallélogramme. (*fig.* 26.)

375. REMARQUE II. Si un mobile parfaitement élaſtique tombe perpendiculairement avec un mouvement accéléré ſur un plan parfaitement dur ou parfaitement élaſtique; ce mobile, en vertu de la percuſſion faite par la derniere vîteſſe, doit recevoir un mouvement rétrograde qui le faſſe remonter au même point d'où il eſt tombé : puiſque la réaction, égale & oppoſée à l'action (327), rend rétrograde ſa derniere vîteſſe; & que cette

derniere vîteſſe, devenue rétrograde, doit le porter au point d'élévation d'où il a commencé de tomber. (373.)

Que ce mobile tombe d'abord pendant une ſeule ſeconde : ſa derniere vîteſſe BD, devenue rétrograde par la réaction, lui fera parcourir en rétrogradant, le triangle BDA. Que ce même mobile tombe enſuite pendant deux ſecondes : ſa derniere vîteſſe CF, devenue rétrograde par la réaction, lui fera parcourir le triangle AFC, quadruple du triagle ADB. Par conſéquent les deux vîteſſes BD, CF, qui ſont entre elles comme 1 eſt à 2, produiſent deux effets qui ſont entre eux comme 1 eſt à 4. (*fig.* 26.)

S'enſuit-il delà que les diverſes forces motrices d'un même corps, doivent être eſtimées par les quarrés des vîteſſes? C'eſt renouveller la frivole queſtion des forces vives & des forces mortes, ſur le fond de laquelle tout le monde eſt d'accord; comme nous l'avons expliqué ailleurs. (281.)

376. COROLLAIRE III. *La vîteſſe diminue dans un mobile qui monte, comme elle s'augmente dans un mobile qui deſcend, ſelon la progreſſion des nombres impairs.* (fig. 26.)

EXPLICATION. Un mobile qui commence à monter avec une vîteſſe CF, a perdu au bout de la premiere ſeconde, une quantité de vîteſſe proportionnelle au triangle DFG; a perdu, au bout de la deuxieme ſeconde, une nouvelle quantité de vîteſſe proportionnelle au trapeze ADGMA, trois fois plus grand que le triangle DFG.

Il réſulte delà que, comme un mobile dans ſon

mouvement accéléré, pendant les secondes successives de sa chûte, parcourt 1, 3, 5, 7, 9 perches angloises; ce même mobile, commençant à monter avec un mouvement qui lui feroit parcourir 10 perches angloises dans une seconde, ne parcourra pendant les cinq secondes successives de son mouvement retardé, que 9, 7, 5, 3, 1 perches angloises.

377. COROLLAIRE IV. *La vîtesse d'un grave qui tombe hors du vuide & en plein air, après s'être accélérée pendant un certain tems, devient enfin sensiblement constante & uniforme.*

DÉMONSTRATION. I°. L'expérience constate la vérité de ce corollaire. M. Desaguilliers, en présence de MM. Newton & Halley, fit tomber du haut du dôme de saint Paul à Londres, d'une élévation de 272 pieds d'Angleterre, des globes de plomb d'environ deux pouces de diametre: leur chûte s'acheva dans quatre secondes & un quart (249). Sur quoi je raisonne ainsi. Si la vîtesse de ces globes se fût accélérée constamment selon la loi fondamentale que nous avons démontrée (366); leur chûte auroit été achevée en moins de tems: puisque les corps parcourant dans la premiere seconde de leur chûte, seize pieds d'Angleterre dont il est ici question; ces globes auroient dû parcourir dans quatre secondes & un quart, 16 + 48 + 80 + 112 + 33 pieds, qui font 289 pieds. Donc si ces globes eussent accéléré leur mouvement sans obstacle, ils eussent parcouru environ 17 pieds de plus: donc leur vîtesse croissante a été diminuée & retardée par la résistance des obstacles: donc leur vîtesse croissante seroit arrivée à un point où la

réſiſtance des obſtacles l'eût empêché de croître davantage.

II°. La raiſon conſtate à ſon tour la vérité de ce corollaire. Le mouvement des graves ne s'accélere, que parce que la gravité, par ſes impulſions ſans ceſſe répétées, ajoute ſans ceſſe une nouvelle vîteſſe à la vîteſſe déja acquiſe : donc le mouvement des graves devra ceſſer de s'accélérer, quand l'effet des impulſions de la gravité ſera détruit par la réſiſtance de l'air au milieu duquel ils tombent. Or la réſiſtance de l'air doit enfin détruire l'effet des impulſions qu'imprime ſans ceſſe au mobile la gravité : parce que la gravité eſt une force conſtante qui n'augmente point ; au lieu que la réſiſtance de l'air eſt une force variable, laquelle augmente comme le quarré de la vîteſſe du mobile qui le traverſe (302) ; & qu'une force conſtante d'abord plus grande, doit être à la fin égalée par une force moindre toujours croiſſante. Donc un mobile qui tombe dans l'air, doit parvenir, après un certain tems d'accélération, à une vîteſſe ſenſiblement uniforme, ou dont l'accélération infiniment petite devient ſenſiblement nulle. C. Q. F. D.

378. PROBLÊME. *Eſtimer à peu près, la réſiſtance qu'oppoſe l'air à un mobile, dans les différents tems de ſa chûte.*

SOLUTION. Prenons pour exemple, l'un des globes de plomb de l'expérience que nous venons de citer, lequel, ſans la réſiſtance de l'air, auroit parcouru 17 pieds de plus.

Suppoſons la vîteſſe de ce globe de plomb, retardée par la réſiſtance de l'air, d'une quantité égale à deux pouces pendant la *premiere*

ſeconde de ſa chûte. Dans la *deuxieme ſeconde*, ſa vîteſſe 3 fois plus grande, aura éprouvé une réſiſtance proportionnelle au quarré de 3, qui eſt 9 : la vîteſſe du mobile aura donc été retardée de 9 fois deux pouces, ou de 18 pouces (302). Dans la *troiſième ſeconde*, ſa vîteſſe 5 fois plus grande, aura eſſuyé une réſiſtance proportionnelle au quarré de 5, qui eſt 25 : la vîteſſe du mobile aura donc été retardée de 25 fois deux pouces, ou de 50 pouces. Dans la *quatrieme ſeconde*, ſa vîteſſe 7 fois plus grande, aura eſſuyé une réſiſtance proportionnelle au quarré de 7, qui eſt 49 : la vîteſſe du mobile aura donc été retardée de 49 fois deux pouces, qui font 98 pouces. Dans le quart de la *cinquieme ſeconde*, la réſiſtance toujours proportionnelle au quarré de la vîteſſe 9 fois plus grande, aura occaſionné un retardement de 33 pouces. La ſomme de tous ces pouces fait 18 pieds, qui répondent à peu près à la réſiſtance totale que l'air a oppoſée au mobile.

Par une ſemblable méthode, on eſtimera la réſiſtance qu'oppoſe l'air à d'autres mobiles qui auroient plus ou moins de vîteſſe dans leur chûte en plein air, en comparant l'eſpace qu'ils auroient dû parcourir, avec l'eſpace moindre qu'ils ont parcouru. Par exemple, ſi le globe dont nous parlons avoit été retardé de 34 pieds, au lieu de 17; on auroit donné 4 pouces de retardement à la premiere ſeconde, au lieu de 2 pouces; & ainſi de ſuite dans les ſecondes ſuivantes.

En ſuppoſant un pouce de retardement à la premiere ſeconde, on a un pied de trop : que l'on ſuppoſe le retardement de cette premiere

ſeconde, égal à onze lignes & deux tiers ; & le réſultat ſera, à très-peu de choſe près, de 17 pieds.

PARAGRAPHE SECOND.

LA BALISTIQUE.

379. DÉFINITION I. La *baliſtique* eſt une ſcience qui a pour objet la *projection des graves*, par exemple, des bombes, des boulets. Outre les principes mathématiques, cette ſcience a ſes principes phyſiques, fondés & ſur la théorie du mouvement compoſé, & ſur la théorie du mouvement accéléré.

380. DÉFINITION II. La *parabole* (*Math.* 739, 766) eſt une courbe ABCDEF, décrite en vertu de deux forces conſpirantes, dont l'une eſt toujours conſtante, & l'autre croît ou décroît ſans ceſſe ſelon la ſuite des nombres impairs. En voici une notion qui ſuffira pour la matiere que nous traitons. (*fig.* 32, 33.)

I°. Soit une ligne indéfinie AP, dirigée vers le centre des forces conſpirantes : c'eſt l'*axe* de la parabole : A en eſt le *ſommet* : HB, MC, ND, en ſont les *ordonnées* : AH, AM, AN, en ſont les *abſciſſes*.

II°. Si ſur cet axe AP, on éleve une infinité de paralleles d'inégale longueur, perpendiculaires ou obliques à l'axe ; en telle ſorte que les quarrés de ces paralleles HB, MC, ND, qu'on nomme *ordonnées*, ſoient entre eux comme les ſections correſpondantes de l'axe AH, AM, AN, qu'on nomme *abſciſſes* ; la courbe qui paſſera par le ſommet A & par les extrêmités B, C, D, E, F,

de toutes les ordonnées, ſera une parabole.

III°. On voit aiſément dans les deux paraboles que nous repréſentons, comment les quarrés des ordonnées ſont entre eux comme les abſciſſes correſpondantes : car,

L'ordonnée HB = 1 : ſon quarré ſera = 1.
L'ordonnée MC = 2 : ſon quarré ſera = 4.
L'ordonnée ND = 3 : ſon quarré ſera = 9.
L'ordonnée OE = 4 : ſon quarré ſera = 16.
L'ordonnée PF = 5 : ſon quarré ſera = 25.

Les abſciſſes correſpondantes ſeront auſſi dans le même rapport entre elles. Car,

L'abſciſſe AH ſera 1, ... = 1.
L'abſciſſe AM ſera 1 + 3 . . . . = 4.
L'abſciſſe AN ſera 1 + 3 + 5 . . . = 9.
L'abſciſſe AO ſera 1 + 3 + 5 + 7 . . = 16.
L'abſciſſe AP ſera 1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25.

PROPOSITION I.

381. *Les graves lancés dans une direction parallele à l'horiſon, décrivent une parabole.* (fig. 32.)

DÉMONSTRATION. Un mobile A, lancé par un canon dans une direction horiſontale AR, a un double mouvement ; ſavoir, un *mouvement horiſontal*, que lui imprime la poudre enflammée ; & un *mouvement central*, que lui imprime ſa gravité. Nous faiſons ici abſtraction de la réſiſtance de l'air ; & nous conſidérons ces deux mouvemens, comme s'effectuant dans un vuide parfait.

I°. Si les deux mouvemens, dont le mobile eſt animé, demeuroient toujours conſtants &

uniformes, conſervant toujours entre eux le même rapport ; le mobile, obéiſſant à ces deux forces conſtantes, parcourroit la diagonale rectiligne AX d'un parallélogramme conſtruit ſur la direction & ſur le rapport des deux forces A*a* & AH (345). Mais le mouvement horiſontal eſt un mouvement conſtant & uniforme, qui ne s'accélere point; tandis que le mouvement central eſt un mouvement variable, qui s'accélere d'un moment à l'autre ſelon la progreſſion des nombres impairs : le mobile, livré à ces deux mouvements, dont le rapport change à chaque inſtant, ne décrira donc point la diagonale rectiligne AX.

II°. Suppoſons le mobile A, lancé horiſontalement dans une direction quelconque, par exemple, d'occident en orient, dans le plan d'un cercle qui paſſe par le centre de la terre : le plan d'un cercle eſt ſa double ſurface plane & ſans profondeur. Il eſt clair que le mobile peut avancer d'occident en orient dans le plan de ce cercle, en vertu de ſa force projectile; & qu'il peut s'abaiſſer dans le plan de ce même cercle vers le centre de la terre, en vertu de ſa force centripete; mais qu'il ne peut ſortir hors du plan de ce cercle, en s'écartant vers le midi ou vers le nord : parce que le mobile n'eſt animé d'aucune force qui le pouſſe vers le nord ou vers le midi hors du plan où il a commencé à ſe mouvoir. La direction du mobile ſera donc toujours dans le même plan; & il ne s'agit plus que de ſuivre les inflexions que doit prendre ſucceſſivement ſon mouvement, dans le plan où il a commencé.

III°. Suppoſons que le mouvement projectile

A *a*, dans la ligne horifontale, doive porter le mobile à 4 perches angloifes, d'occident en orient : ce mouvement projectile A *a*, B *b*, C *c*, D *d*, E *e*, fera pendant chaque feconde fuivante, égal à 4 perches angloifes. Mais le mouvement centripete AH, qui pouffe le mobile vers le centre de la terre, étant égal à une perche angloife pendant la premiere feconde, fera fucceffivement, pendant les fecondes fuivantes, égal à 3, à 5, à 7, à 9, . . . à 39, à 41, à 43 perches angloifes ; & ainfi de fuite, fi la hauteur d'où le mobile eft lancé, étoit immenfe.

Ainfi, pendant la *premiere feconde*, le mobile A, animé d'une force projectile A *a* = 4, & d'une force centripete = 1, parcourra la diagonale A B d'un parallélogramme conftruit fur la direction & fur le rapport de ces deux forces. Pendant la *deuxieme feconde*, le même mobile, animé d'une force projectile B *b* = 4, & d'une force centripete = 3, parcourra la diagonale B C d'un nouveau parallélogramme conftruit fur la direction & fur le nouveau rapport de ces deux forces. Pendant la *troifieme feconde*, le même mobile, animé d'une force projectile C *c* = 4, & d'une force centripete = 5, parcourra la diagonale C D d'un nouveau parallélogramme conftruit fur la direction & fur le nouveau rapport de ces deux forces. Pendant la *quatrieme feconde*, le mobile, animé d'une force projectile D *d* = 4, & d'une force centripete = 7, parcourra la diagonale D E d'un nouveau parallélogramme conftruit fur la direction & fur le nouveau rapport des deux forces qui le meuvent ; & ainfi de fuite. Or la ligne A B C D E F, que parcourt le mobile, eft une parabole : puifque les quarrés des

ordonnées HB, MC, ND, OE, PF, ſont entre eux comme les abſciſſes correſpondantes. On peut dire la même choſe des ordonnées intermédiaires, qui ſeroient tirées entre celles que nous venons de nommer. Donc le mobile qui ſe meut par l'extrêmité de toutes ces lignes, décrit une parabole. C. Q. F. D.

382. REMARQUE. Une pierre qu'on jette horiſontalement par une fenêtre, une ſource qui jaillit avec force dans une direction parallele à l'horiſon, décrivent la même eſpece de courbe. Dans ces corps, ſi la force projectile l'emporte d'abord ſur la force centripete; la derniere, qui augmente ſans ceſſe ſelon la ſuite des nombres impairs, vient bientôt à bout d'égaler & enſuite de ſurpaſſer la premiere, qui reſte conſtante.

La réſiſtance de l'air, qui diminue ſans ceſſe la vîteſſe du mobile, ne l'empêche pas de décrire une vraie parabole: parce que le mobile n'ayant à chaque inſtant qu'un ſeul mouvement produit par deux forces conſpirantes, la réſiſtance de l'air diminue proportionnellement l'effet des deux forces. Ainſi le mobile qui, dans un vuide parfait, ſe trouveroit en C à la fin de la deuxieme ſeconde, ſe trouvera, à cauſe de la réſiſtance de l'air, dans un point entre B & C, mais toujours dans une ligne parabolique BC. On peut dire la même choſe des tems ſuivans.

Quoique la route AB, BC, CD, DE du mobile ſoit rectiligne dans la figure, elle eſt réellement curviligne en elle-même: parce que la force centripete devenant à chaque inſtant plus grande, tandis que la force projectile demeure conſtante, les petites portions de ces diagonales AB, BC doivent à chaque inſtant s'infléchir &

ſe couder du côté de la force qui devient à chaque inſtant plus grande. Si le mobile, au lieu de deſcendre, montoit dans la direction FEDCBA; ces diagonales s'infléchiroient à chaque point, du côté de la force qui reſte conſtante, tandis que l'autre diminue.

PROPOSITION II.

383. *Les graves, lancés dans une direction deſcendante, oblique à l'horiſon, décrivent une parabole.* (fig. 33.)

DÉMONSTRATION. Soit un globe A, lancé du haut d'un mur ou d'un roc fort élevé, dans la direction A Z oblique à l'horiſon; en telle ſorte qu'en vertu de ſa ſeule force projectile, il dût s'avancer, pendant chaque ſeconde, d'une quantité conſtante vers le centre de la terre & vers un point de l'horiſon.

Par la théorie que nous avons expoſée & démontrée dans la propoſition précédente, le mobile A, livré à ſa force projectile A *a*, & à ſa force centripete AH, décrira la diagonale A B pendant la *premiere ſeconde* de ſa chûte. Il décrira enſuite dans la *deuxieme ſeconde*, la diagonale B C; dans la *troiſieme ſeconde*, la diagonale C D; & ainſi de ſuite. Cette courbe, ainſi que celle de la propoſition précédente, eſt une parabole : donc ce mobile décrit une parabole. C. Q. F. D.

PROPOSITION III.

384. *Les graves, lancés dans une direction aſcendante, oblique à l'horiſon, décrivent une double parabole.* (fig. 32.)

DÉMONSTRATION. Soit le mobile F, une bombe, ou un boulet, ou une balle, jetté du point F dans une direction F E; direction en partie horisontale F *f*, & en partie verticale F *e*. Le mouvement horisontal F *f*, demeure constant & uniforme: parce que rien ne l'augmente & ne le diminue. Le mouvement vertical F *e*, décroît sans cesse selon la suite des nombres impairs; parce qu'il lutte contre la gravité. (376.)

I°. Supposons que le mobile F commence à monter avec un mouvement vertical capable de l'élever vers le zénith, de 10 perches par seconde. Dans la *premiere seconde*, il s'élevera de 10 perches moins 1, & il ira en E: dans la *deuxieme seconde*, il s'élevera de 10 perches moins 3, & ira en D: dans la *troisieme seconde*, il s'élevera de 10 perches moins 5, & il ira en C: dans la *quatrieme seconde*, il s'élevera de 10 perches moins 7, & il ira en B: dans la *cinquieme seconde*, il s'élevera de 10 perches moins 9, & il ira en A.

Dans la *sixieme seconde*, le mobile devroit s'élever de 10 perches moins 11: au lieu de monter, il descendra d'une perche, en S; ensuite de 3 perches, en T; ensuite de 5, de 7, de 9 perches, en V, en Y, en Z; comme nous l'avons expliqué & démontré dans la premiere de ces trois propositions. Cette double courbure est toujours & par-tout parabolique: parce que la force horisontale, toujours constante & uniforme, porte & retient successivement le mobile à l'extrêmité d'une infinité d'ordonnées dont les quarrés sont toujours entre eux, comme les abscisses correspondantes.

II°. Si le mobile commençoit à se mouvoir

avec un mouvement vertical plus grand, ou plus petit, que celui que nous lui avons ſuppoſé ; ce mobile arriveroit en plus ou en moins de tems à ſa plus grande élévation : l'axe AP de ſa courbe ſeroit ou plus loin, ou plus près du point de projection F. Mais les quarrés des ordonnées à cet axe, ſeroient toujours comme les abſciſſes correſpondantes ; & le mobile, toujours voituré par les deux forces qui l'animent, décriroit toujours une ligne parabolique, en montant & en deſcendant. Donc les graves, lancés de bas en haut, dans une direction oblique à l'horiſon, décrivent une double parabole. C. Q. F. D.

385. REMARQUE. La parabole eſt une courbe qui ne revient point ſur elle-même, comme le cercle : puiſque, depuis ſon ſommet A, elle va en s'écartant uniformément à l'infini, de ſon axe AP.

Dans la théorie du jet des bombes, on nomme *amplitude du jet*, ou *amplitude de la parabole*, la ligne horiſontale FPZ, interceptée entre le point d'où part & le point où tombe le mobile.

Il conſte par l'expérience & par la théorie, que l'amplitude du jet eſt la plus grande qu'il ſoit poſſible ſous la même force impulſive, quand la direction du mortier ou du canon qui lancent le mobile, fait un angle de 45 degrés avec l'horiſon ; & que la moitié de cette amplitude eſt égale à la hauteur verticale où s'éleveroit le mobile jetté perpendiculairement vers le zénith. Quand la direction du mortier fait un angle plus grand ou plus petit, l'amplitude du jet diminue. (*Mat.* 743.)

PROBLÊME I.

386. *Etant donné le tems qui s'eſt écoulé depuis la projection d'un grave juſqu'à ſa chûte, déterminer à quelle hauteur il s'eſt élevé.* (fig. 32.)

SOLUTION. Soit une bombe, ou un boulet, ou une balle, lancés de bas en haut dans une direction perpendiculaire ou oblique à l'horiſon. Que depuis l'inſtant de l'éruption de la poudre enflammée, juſqu'à l'inſtant où le mobile arrive à la fin de ſa chûte dans le même horiſon d'où il étoit parti, il ſe ſoit écoulé 20 ſecondes.

I°. Les graves ſont retardés en montant, préciſément comme ils ſont accélérés en deſcendant (376): donc le mobile aura employé dix ſecondes à monter, & dix ſecondes à deſcendre. Le point d'où il commence à deſcendre, eſt ſa plus grande hauteur.

II°. Les eſpaces parcourus par un grave qui deſcend, ſont comme les quarrés des tems (371); & les graves qui tombent librement, dans une direction oblique ou perpendiculaire à l'horiſon, s'approchent du centre de la terre, en vertu de leur gravité, d'une perche angloiſe dans la premiere ſeconde de leur chûte: donc au bout de 10 ſecondes, le mobile, en deſcendant perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon, ſe ſera approché du centre de la terre, d'un nombre de perches angloiſes qui ſera exprimé par le quarré de 10, lequel eſt 100: donc le mobile eſt tombé d'une hauteur de 100 perches angloiſes; & telle eſt la hauteur où il s'étoit élevé. On fait ici abſtraction de la réſiſtance de l'air, laquelle occaſionne quelque retardement au

mobile, & qu'il faudroit retrancher à la hauteur trouvée. Nous avons expliqué ailleurs comment on peut évaluer à peu près cette résistance de l'air. (378.)

III°. Si depuis l'instant de l'inflammation de la poudre, jusqu'au dernier instant de la chûte du mobile, on comptoit plus ou moins de secondes que dans l'exemple que nous venons de citer; la moitié de ce tems est employée par le mobile à monter, & l'autre moitié à descendre. Soit ce tems égal à 15 secondes: la chûte du mobile aura duré sept secondes & demie, dont il faut trouver le quarré. Le quarré de 7, plus la moitié de la différence entre les quarrés de 7 & de 8, moins les trois quarts d'une perche angloise qui auroient été l'accélération propre de la demi-seconde qui manque à 8 (372), exprimeront la hauteur cherchée, qui sera $49 + 7 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = 56 + \frac{1}{4}$ perches angloises.

387. REMARQUE I. Quand nous disons que les espaces prrcourus par le mobile à la fin de chaque tems, sont comme les quarrés des tems, nous n'entendons parler que des espaces parcourus verticalement. Un mobile qui tombe obliquement à l'horison en vertu d'une force horisontale & d'une force centrale, parcourt plus d'espace que s'il tomboit perpendiculairement en vertu de sa seule gravité : parce qu'il est animé de deux forces conspirantes qui produisent chacune en plein son effet, en le conduisant par une diagonale plus longue qu'un des deux côtés (348). Mais l'espace vertical, dont il est ici question, est toujours comme le quarré des tems, soit que le mobile tombe perpendiculairement, soit qu'il tombe obliquement, de la

plus grande élévation où l'a porté la force projectile.

388. REMARQUE II. Quoique les eſpaces verticaux parcourus par un grave qui tombe librement ſoient, à la fin de chaque tems, comme les quarrés des tems; cependant *la percuſſion de ce grave ne ſe fait qu'en vertu de la derniere vîteſſe qu'il a acquiſe à l'inſtant où il frappe :* parce que les vîteſſes qui précedent la percuſſion, ſont étrangeres & indifférentes à la vîteſſe qui fait la percuſſion : ces vîteſſes précédentes ne doivent donc être comptées pour rien dans la quantité de la percuſſion. Or les *dernieres vîteſſes* acquiſes à la fin de la premiere, de la deuxieme, de la troiſieme ſeconde, & ainſi de ſuite, ne ſont point comme les quarrés des tems, mais ſimplement comme les tems : puiſque les lignes BC, DG, HM (*fig.* 25), qui expriment les dernieres vîteſſes de ces trois ſecondes, ſont entr'elles comme 1, 2, 3. Donc la force impulſive de ce grave, force proportionnelle au produit de ſa maſſe par ſa vîteſſe, doit être eſtimée, au bout de chaque tems égal de ſa chûte, en multipliant ſa maſſe par les tems, leſquels expriment ſes dernieres vîteſſes, qui ſeules influent dans la percuſſion.

PROBLÊME II.

389. *Etant donnés la maſſe d'un mobile qui tombe ſucceſſivement de différentes hauteurs, & le tems qu'il emploie chaque fois à tomber ; déterminer la force de la percuſſion à chaque chûte.*

SOLUTION. Soit le mobile, une bombe peſant 200 livres. Que cette bombe tombe perpendi-

culairement ou obliquement ſur une ſurface horiſontale, contre laquelle nous ſuppoſons que la percuſſion doit ſe faire, la choſe eſt fort indifférente : puiſque la percuſſion contre une ſurface horiſontale, ne ſe fait que par le mouvement vertical; & que le mouvement horiſontal que pourroit avoir cette bombe dans ſa chûte oblique, n'influe pour rien dans la percuſſion dont il eſt ici queſtion (354). Comparons entr'elles pluſieurs chûtes de cette bombe.

I°. Que dans la *premiere chûte*, depuis l'inſtant de l'inflammation de la poudre, juſqu'à l'inſtant de la percuſſion, il y ait 10 ſecondes: la chûte aura duré 5 ſecondes; & la derniere vîteſſe qui fait la percuſſion, & qui eſt proportionnelle au tems employé à tomber (388), ſera $= 5$. La force motrice étant le produit de la maſſe par la vîteſſe, la percuſſion de cette bombe ſera $200 \times 5 = 1000$.

II°. Que dans la *ſeconde chûte*, depuis le départ juſqu'à la percuſſion, il y ait 18 ſecondes : la chûte aura duré 9 ſecondes; & la derniere vîteſſe ſera $= 9$: la percuſſion de cette bombe ſera $200 \times 9 = 1800$.

III°. On trouvera toujours de même la force motrice de cette bombe dans ſes différentes chûtes d'une hauteur quelconque, en prenant pour multiplicateur de la maſſe, le nombre des ſecondes employées à tomber, lequel exprime toujours les dernieres vîteſſes du mobile.

390. REMARQUE. Dans la ſolution de ce problême, nous n'eſtimons que la *force initiale* du mobile, force proportionnelle au produit de la maſſe par la vîteſſe. Si on veut avoir l'*effet total* qu'aura produit la bombe en queſtion, après

l'épuiſement des forces, en tombant de différentes hauteurs ſur des corps qui cedent à ſon impulſion, il faut multiplier la maſſe par les quarrés des dernieres vîteſſes, ou par les quarrés des tems; & alors l'effet total de la premiere chûte achevée en 5 ſecondes, ſera 200×25; & l'effet total de la ſeconde chûte achevée en 9 ſecondes, ſera 200×81. On voit encore ici que la diſpute ſur l'eſtimation des forces motrices, ou par la ſimple vîteſſe, ou par le quarré de la vîteſſe, n'eſt occaſionné que par un mal-entendu (381).

PROBLÊME III.

391. *Trouver la vîteſſe d'un boulet de canon ou d'une balle de fuſil; ou déterminer en combien de tems un tel mobile ſe porte, de l'arme à feu qui le lance, au terme où il frappe.* (fig. 34.)

SOLUTION. Soit AM, un canon ou un fuſil, dirigé fixément en B, contre un plan perpendiculaire à l'horiſon; en telle ſorte que ſi le mobile M étoit ſans gravité, il dût frapper en B. Pendant le court eſpace de tems qu'emploie le mobile à paſſer de l'arme à feu d'où il part, au terme où il aboutit, ſa gravité l'abaiſſe inceſſamment vers le centre de la terre, au-deſſous de ſa direction MB: il frappera donc ce terme, non au point B où il eſt dirigé, mais au-deſſous de ce point B; & la percuſſion ſe fera d'autant plus au-deſſous du point B, que le mobile aura employé plus de tems à franchir l'eſpace MB.

Etant connue la diſtance MB, interceptée entre l'arme à feu & le plan oppoſé; & la diſtance BD, interceptée entre le point de direction & le point

de percussion, on trouvera aisément la vîtesse du mobile. Car le mobile, qui sans sa gravité auroit frappé en B, a demeuré en chemin, précisément autant de tems qu'il lui en faudroit pour tomber perpendiculairement avec un mouvement accéléré, de B en D : puisque la gravité agit de même & produit le même effet dans un mobile, soit qu'il tombe obliquement, soit qu'il tombe perpendiculairement à l'horison (387). Or, comme les graves, au bout de la premiere seconde de leur chûte, ont tombé d'une perche angloise, & qu'au bout de chaque seconde suivante l'espace central qu'ils ont parcouru est comme le quarré du tems employé à le parcourir ; il s'ensuit qu'en extrayant la racine quarrée du nombre de perches interceptées entre le point de direction & le point de percussion, on aura le tems qu'a employé le mobile à passer de M en D. On aura par là même, la vîtesse du mobile : puisque la vîtesse est l'espace connu MD, divisé par le tems trouvé & connu.

Supposons, par exemple, que le mobile M, dirigé en B, ait frappé en D ; & que la distance BD soit de 16 perches angloises : la racine quarrée de 16 est 4 : donc le mobile a employé 4 secondes à parcourir la ligne parabolique MD. Si la distance DB étoit de cent perches, le mobile auroit mis 10 secondes à franchir l'espace MD.

Si la distance interceptée entre le point de direction B & le point de percussion D, est beaucoup moindre ; si elle n'est, par exemple, que d'un pied d'Angleterre, le mobile n'a employé qu'un quart de seconde à passer de M en D : parce que les graves tombent d'un pied d'An-

gleterre, dans un quart de ſeconde (372). Ainſi, en diminuant proportionnellement les tems & les eſpaces, on trouvera toujours par la même méthode, le tems employé à parcourir la ligne MD, par la grandeur de la chûte BD.

C'eſt par cette méthode qu'on a trouvé qu'un canon, chargé pour battre en breche, lance un boulet avec une force qui lui fait parcourir 100 toiſes ou 600 pieds dans une ſeconde : parce que, dirigé ſelon la ligne AMB à une diſtance MB de 600 pieds, ce boulet va frapper en D, à environ 15 pieds de France au deſſous du point de direction B : ce qui eſt préciſément la quantité de ſa chûte libre pendant une ſeconde. Le mouvement qui porte ce boulet de M en D, dure donc préciſément une ſeconde : puiſque s'il duroit plus ou moins, ce boulet frapperoit le terme ou au-deſſous ou au-deſſus du point D, éloigné de 15 pieds du point de direction B.

392. OBJECTION. Le fuſil, le piſtolet, le canon, frappent préciſément au point de direction : donc les regles de la baliſtique, ſelon leſquelles les graves devroient s'abaiſſer au-deſſous de cette direction, ſont fauſſes. (*fig.* 35.)

RÉPONSE. Les armes à feu ſont communément conſtruites de telle maniere que la ligne de direction DCA, & la ligne de projection EMB, ne ſont point paralleles, & qu'elles s'entre-coupent en un point C plus ou moins éloigné. Si le mobile étoit ſans gravité, la ligne de projection EMB le porteroit en B, au-deſſus de la ligne de direction. Mais comme le mobile eſt abaiſſé dans ſa route par ſa gravité, il frappe à peu près en A, où aboutit la ligne de direction DCA, pro-

longée juſqu'à la diſtance où agit communément l'arme à feu.

On peut remarquer ici qu'il eſt impoſſible de conſtruire des armes à feu, en telle maniere qu'à toute diſtance & avec une vîteſſe quelconque, la ligne de direction & la ligne de projection s'accordent à porter le mobile à un même point précis A. La raiſon en eſt, que ſi la diſtance MB eſt parcourue en une ſeconde, le mobile ne s'abaiſſera que d'une perche angloiſe, au-deſſous de B; au lieu que ſi la même diſtance MB eſt parcourue en deux ſecondes, le mobile s'abaiſſera de quatre perches au-deſſous de B. Si la diſtance horiſontale MB étoit parcourue en ſix ſecondes, le mobile frapperoit un point de la perpendiculaire BN, à trente-ſix perches plus bas que B; & ainſi des autres tems plus ou moins longs, qu'emploie le mobile pour atteindre ſon but plus ou moins éloigné.

Quel que ſoit l'angle FCG, formé par la ligne de direction & par la ligne de projection, les côtés FG, HK, BA, interceptés entre ces côtés, croiſſent comme les diſtances; tandis que la chûte accélérée du mobile, à la diſtance G, à la diſtance K, à la diſtance A, a augmenté comme le quarré des tems qui répondent à ces diſtances. Si le mobile ſe trouve pendant un inſtant dans la ligne de direction DA, il ne peut plus ſe retrouver dans cette même ligne.

C'eſt donc à l'expérience & à la baliſtique, à diriger l'œil & la main de celui qui fait uſage des armes à feu. L'expérience & la théorie lui apprendront à viſer plus ou moins au-deſſus du point à frapper, ſelon que la poudre, plus ou

moins forte, imprime plus ou moins de vîteſſe au mobile ; ſelon que la diſtance du point à frapper, eſt plus ou moins grande.

ARTICLE SEPTIEME.

MOUVEMENT RÉFLÉCHI ET RÉFRACTÉ.

393. OBSERVATION. UN corps en mouvement peut rencontrer, ou un obſtacle impénétrable, tel qu'un bloc de marbre; ou un obſtacle pénétrable, tel qu'un baſſin d'eau. Dans le premier cas, ce corps eſſuie une *réflexion*, s'il eſt élaſtique : dans le ſecond cas, il eſſuie une *réfraction*; s'il pénetre obliquement dans un nouveau milieu plus ou moins réſiſtant.

Dans le *mouvement réfléchi*, le mobile eſt répercuté, après le choc, dans une direction différente de ſa premiere direction : dans le *mouvement réfracté*, le mobile eſt ſimplement détourné de ſa premiere direction.

La *réflexion du mouvement* a pour cauſe l'élaſticité des corps qui ſe heurtent : puiſque nous n'appercevons le phénomene de la réflexion, que dans le choc des corps élaſtiques ; & que les corps qui n'ont point, ou qui n'ont que très-peu d'élaſticité, n'occaſionnent point, ou n'occaſionnent que très-peu de mouvement réfléchi.

La *réfraction du mouvement* a pour cauſe la quantité plus ou moins grande de réſiſtance qu'oppoſe à une direction du mobile, le nouveau milieu qu'il pénetre : il n'y a point de réfraction, quand le mobile s'enfonce perpendicu-

lairement dans un milieu quelconque, ou quand il paſſe obliquement d'un milieu dans un autre milieu d'égale réſiſtance.

PARAGRAPHE PREMIER.

MOUVEMENT RÉFLÉCHI.

394. DÉFINITION. Un mobile qui ſe réfléchit après le choc contre un obſtacle impénétrable, forme, avec le plan réfléchiſſant, deux angles qu'il faut remarquer, un angle d'incidence & un angle de réflexion. Nous ſuppoſons ici que le mouvement, avant & après le choc, ſe fait en ligne droite. (*fig.* 30.)

I°. On nomme *angle d'incidence*, l'angle ABG, formé par la ligne AB que décrit le mobile A avant le choc, & par la ligne ou la ſurface du plan BG. L'angle d'incidence peut être, ou droit PBG, ou aigu ABG.

II°. On nomme *angle de réflexion*, l'angle HBC, formé par la ligne BC que décrit le mobile A après le choc, & par la ligne ou la ſurface du plan BH.

III°. Si la ſurface contre laquelle ſe fait le choc, au lieu d'être une ſurface plane GH, eſt une ſurface courbe *rmnt*; il faut concevoir une tangente *mn* à cette ſurface courbe au point de contact: les angles formés ſur cette tangente par la direction du mobile avant & après le choc, ſeront l'*angle d'incidence* A*m*G, & l'*angle de réflexion* C*n*H.

REGLE I.

395. *Si un corps élaſtique va heurter perpendicu-*

lairement, avec une vîteſſe quelconque, un plan horiſontal, dur ou élaſtique ; après le choc, ce corps ſe réfléchit par la même ligne perpendiculaire au plan. (fig. 30.)

DÉMONSTRATION. Soit un globe élaſtique P, lancé perpendiculairemenr en B, ſur le plan horiſontal & impénétrable GH. Ce corps, après le choc, doit remonter en P, par la ligne BP.

I°. La réaction eſt égale & oppoſée à l'action (327) : donc la force PB, qui s'eſt conſumée à faire la compreſſion, revit en un ſens oppoſé BP, par la réaction. Donc le mobile ſera porté de B en P, par une force préciſément égale à celle qui la porte de P en B.

II°. Le mobile, en deſcendant par la perpendiculaire avant le choc, n'a point de mouvement horiſontal : il n'aura donc point non plus de mouvement horiſontal en montant après le choc ; puiſque le mouvement né de la réaction, eſt égal & oppoſé au mouvement perdu dans la compreſſion. Donc le mobile, après le choc, dénué de tout mouvement horiſontal, & emporté par le ſeul mouvement vertical, remontera par la perpendiculaire BP, décrivant préciſément la même ligne avant & après le choc. C. Q. F. D.

REGLE II.

396. *Si un corps élaſtique va heurter perpendiculairement un plan, dur ou élaſtique, perpendiculaire ou oblique à l'horiſon ; le mobile, abſtraction faite de ſa gravité, revient, après le choc, par la même ligne qu'il a ſuivie avant le choc.* (fig. 24.)

DÉMONSTRATION. Soit un globe élaſtique A, ſans gravité, lancé perpendiculairement contre le plan dur ou élaſtique D, perpendiculaire ou oblique à l'horiſon. La force impulſive AD du mobile ſe détruit toute entiere par la compreſſion, & ſe convertit en une force égale & oppoſée DA, par la réaction : donc le mobile, porté par la force AD avant le choc, ſera réfléchi par la force DA après le choc : donc le mobile, livré à l'action & ſoumis à la direction de la force réagiſſante DA, reviendra par la ligne DA après le choc. C. Q. F. D.

REGLE III.

397. *Si un corps élaſtique va heurter obliquement un plan dur ou élaſtique, quelle que ſoit la poſition de ce plan, le mobile continue à ſe mouvoir après le choc, en faiſant avec le plan réfléchiſſant, un angle de réflexïon égal à ſon angle d'incidence.* (fig. 30.)

DÉMONSTRATION. Soit un globe élaſtique A, lancé obliquement contre le plan dur ou élaſtique G H, dans une direction quelconque A B : après le choc ce globe ſe réfléchira dans la direction B C ; & l'angle de réfléxion C B H, ſera préciſément égal à l'angle d'incidence A B G. La théorie, qui va établir cette regle fondamentale, eſt fondée ſur ce que nous avons dit ailleurs ſur la décompoſition des forces, ou ſur la décompoſition du mouvement oblique. (354, 355.)

I°. Le mobile A, lancé de A en B, eſt animé d'un mouvement qui a une double direction, l'une A D *parallele au plan*, & nulle dans la percuſſion,

cuſſion ; l'autre AM, *perpendiculaire au plan*, & ſeule efficace dans la percuſſion. La partie du mouvement qui donne la direction AD, parallele au plan, ne ſe détruit point dans le choc ; puiſque le plan ne lui réſiſte en rien : elle reſte donc la même après le choc, comme avant le choc. La partie du mouvement qui donne la direction AM=DB, perpendiculaire au plan, périt par le choc, & ſe convertit en une force égale & oppoſée BD, par la réfraction : cette force de réaction BD, tendra donc, après le choc, à élever le mobile dans une direction perpendiculaire au plan.

II°. Le mobile, avant le choc, livré aux deux forces impulſives AM & AD, ou à une ſeule force impulſive qui équivaudroit à l'action conjointe des deux puiſſances AD & AM, décriroit, dans un tems déterminé, la diagonale AB d'un parallélogramme ADBM. Le mobile, après le choc, livré à la force parallele BN = AD, & à la force perpendiculaire BD = AM, décrira dans le même tems déterminé, la diagonale BC du parallélogramme BDCN, ſemblable & égal au précédent ADBM. Donc le mobile, après le choc, fera ſur le plan, un angle de réflexion HBC, égal à l'angle d'incidence GBA : puiſque la grandeur de ces angles dépend du rapport des deux forces, perpendiculaire & parallele, qui meuvent le mobile ; & que ce rapport eſt préciſément le même avant & après le choc. C. Q. F. D.

398. COROLLAIRE. *De quelque maniere qu'un globe élaſtique heurte un corps dur ou élaſtique, l'angle de réflexion eſt toujours égal à l'angle d'incidence.*

DÉMONSTRATION. L'angle d'incidence eſt ou droit, ou aigu, ſur une ſurface plane, ou ſur une ſurface courbe.

I°. Si la direction du mobile eſt perpendiculaire à la ſurface réfléchiſſante, le mobile ſe réfléchit par la perpendiculaire (396) : l'angle de réflexion eſt droit, ainſi que l'angle d'incidence.

II°. Si la direction du mobile eſt oblique à la ſurface réfléchiſſante, le mobile ſe réfléchit encore ſous un angle égal à l'angle d'incidence. (397.)

III°. Si le corps réfléchiſſant, au lieu d'être un corps à ſurface plane G H, eſt un corps à ſurface courbe *r m n t*; le point de contact eſt toujours un petit plan, où les angles d'incidence & de réflexion peuvent être meſurés par la tangente à ce corps (394). La même théorie qui démontre que les angles de réflexion ſont égaux aux angles d'incidence ſur un grand plan G H, démontre également que ces angles ſont égaux ſur l'infiniment petit plan *m n* du globe B X.

399. REMARQUE I. Dans les loix du mouvement réfléchi, nous faiſons abſtraction de la réſiſtance des milieux, de la peſanteur des corps, de leur défaut d'élaſticité parfaite : trois cauſes qui font que dans la pratique, l'angle de réflexion n'eſt pas parfaitement égal à l'angle d'incidence. Par exemple, la peſanteur des corps fait que leur direction, dans leur incidence & dans leur réflexion, eſt une ligne parabolique (380), au lieu d'une ligne droite : le défaut d'élaſticité parfaite dans les corps, fait que la force de réaction, après le choc, n'eſt pas parfaitement égale à la force de percuſſion avant le choc : l'angle de réflexion eſt conſéquemment un peu

moindre que l'angle d'incidence. Il ne s'ensuit pas delà que ces loix soient vaines ou trompeuses dans l'état physique des choses ; comme nous l'avons observé ailleurs. (339.)

La lumiere est le seul corps où les loix de la réflexion se montrent dans la pratique, parfaitement conformes à la théorie. Il conste par les observations, & on démontre par la théorie générale que nous venons de développer, que de quelque maniere que tombe la lumiere sur un plan réfléchissant, l'angle de réflexion, droit ou aigu, est toujours sensiblement égal à l'angle d'incidence. La raison en est, que la lumiere a une élasticité parfaite ; que son infinie petitesse lui procure des sentiers assez libres à travers les milieux où elle se meut ; & que son mouvement de gravitation est comme nul, en comparaison de son mouvement d'impulsion directe ou réfléchie. Par exemple :

Il conste par les observations astronomiques, que la lumiere vient du soleil à nous en sept minutes & demie (897), parcourant au moins 28 millions de lieues dans ce meme tems (1221). La lumiere a donc une vîtesse qui lui fait parcourir au moins 62222 lieues par seconde ; tandis que sa pesanteur, qui lui est commune avec tous les corps, ne peut l'écarter, dans le même tems, auprès de la terre, que d'une perche angloise, de la direction qu'elle suit. (*fig.* 30.)

Soit donc un ballon de lumiere, dardé & réfléchi dans la direction A B C. En parcourant 62222 lieues dans la direction B C, pendant une seconde de tems, ce ballon de lumiere ne pourroit s'abaisser que d'une perche angloise ou de 15 pieds de France, au-dessous de la ligne B C,

en vertu de ſa gravité ; quand même cette gravité, qui va en décroiſſant à meſure qu'elle s'éloigne de la terre, reſteroit toujours la même. La route B C de ce ballon de lumiere, quoique parabolique, doit donc être toujours une ligne ſenſiblement droite.

Cette théorie générale du mouvement réfléchi, eſt, comme on voit, la baſe & le fondement de la catoptrique ; ſcience qui a pour objet la direction de la lumiere réfléchie, & dont nous traiterons ailleurs plus au long.

400. REMARQUE II. La théorie & la pratique du mouvement réfléchi a ſpécialement lieu dans le jeu de paume & de billard, où tout l'art conſiſte tantôt à ſaiſir les angles d'incidence & de réflexion favorables, tantôt à éviter les angles d'incidence & de réflexion nuiſibles. Les habiles joueurs de billard ont dans l'œil, ſans y faire attention, les tangentes au point de contact convenable.

A l'occaſion du jeu de billard, nous allons rendre raiſon d'un petit phénomene qui amuſe & étonne quelquefois les joueurs. Si ſur le tapis d'un billard on frappe perpendiculairement du tranchant de la main, la boule B, dans la direction B v qui paſſe hors du centre ; la boule s'enfuit d'abord dans la direction B A, & revient tout de ſuite avec un mouvement plus ou moins rapide, dans la direction A B. (*fig.* 17.)

EXPLICATION. En frappant cette boule dans la direction B v, on lui imprime trois mouvements différents : un *mouvement central* B v, qui par la réaction de la bille & du plan, ſe convertit en un mouvement vertical v B ; un mouvement horiſontal, en vertu duquel la bille eſt ſollicitée

à se mouvoir dans la direction *rs*; un *mouvement de rotation*, par lequel la bille est déterminée à rouler plus ou moins rapidement autour de son centre *r* dans la direction B *n m* B.

I°. Après la percussion B*v*, & la réaction *v*B, la boule B est livrée à deux mouvements, à un mouvement horisontal *rs*, & à un mouvement vertical *r*B: en vertu de ces deux mouvements, la boule s'éleve un peu au-dessus de la surface du tapis, & se porte de A en B, par la ligne parabolique *r*C*s* (384). Pendant le trajet, la bille, élevée au-dessus du tapis, qu'elle ne touche point, continue à rouler sur son centre, dans la direction B *n m* B.

II°. Arrivée au point A, après que son mouvement horisontal & son mouvement vertical sont épuisés, la boule conserve son seul mouvement de rotation B*n m* B, en vertu duquel son centre se porte en avant dans la direction *s r*; jusqu'à ce que la résistance, occasionnée par le frottement du tapis, ait totalement absorbé ce mouvement de rotation qui la rend rétrograde.

PARAGRAPHE SECOND.

MOUVEMENT RÉFRACTÉ.

401. OBSERVATION. Il conste par mille & mille expériences, que si un mobile passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre milieu plus résistant : *le mouvement du mobile se rallentit, sans changer de direction*; & que si le même mobile passe obliquement d'un milieu dans un autre milieu plus ou moins résistant, *la direction du mobile se coude, au point où se fait le passage d'un*

milieu dans l'autre. Par exemple (*fig*. 36):

I°. Si une boule V de plomb ou de marbre ou de bois, tombe avec une vîtesse quelconque, du sein de l'air, sur la surface B T d'un bassin d'eau tranquille dans une directionVM, perpendiculaire à ce bassin; elle se meut plus lentement dans l'eau que dans l'air, mais toujours dans la même direction perpendiculaire V M N. L'eau, huit ou neuf cents fois plus dense que l'air, oppose au mouvement de cette boule, une résistance huit ou neuf cents fois plus grande: cette boule doit donc ralentir son mouvement, en passant de l'air dans l'eau. Mais comme cette résistance de l'eau s'oppose également en tout sens au mouvement perpendiculaire de la boule: elle doit simplement affoiblir & diminuer ce mouvement, sans lui donner une nouvelle direction en un sens plutôt qu'en un autre.

II°. Si la même boule A est lancée sur le même bassin d'eau, dans la direction oblique A M; non seulement son mouvement se ralentit dans l'eau, mais il quitte la direction A M P, pour prendre la direction A M D, coudée au point M. La boule dans sa direction oblique A M, est portée contre la surface de l'eau, avec un mouvement composé d'un mouvement horisontal AV & d'un mouvement central A B (354). A l'instant qu'elle touche l'eau, son mouvement central éprouve la résistance de l'eau; tandis que son mouvement horisontal n'éprouve encore que la résistance de l'air. Donc le mouvement central doit être plus affoibli, que le mouvement horisontal: donc le mouvement horisontal restant le même, & le mouvement central étant diminué; le mobile doit se porter davantage dans la direction de la force MH,

qui devient prédominante par l'affoibliſſement de la force oppoſée MN.

Comme, en paſſant d'un milieu dans un autre milieu plus ou moins réſiſtant, un mobile ou s'approche ou s'éloigne toujours d'une *perpendiculaire*, menée du point d'incidence ou de paſſage, dans le nouveau milieu ; il eſt de la derniere importance de bien connoître cette perpendiculaire dans un milieu à ſurface plane, à ſurface convexe, à ſurface concave.

Perpendiculaire aux divers milieux.

402. DÉFINITION I. *Dans un milieu à ſurface plane, cette perpendiculaire eſt une ligne droite* MN, *menée du point d'incidence dans le nouveau milieu, & perpendiculaire à la ſurface où le mobile rencontre ce milieu.* (fig. 36.)

I°. Que la ſurface d'un milieu pénétrable, ſoit horiſontale, ou verticale, ou inclinée à l'horiſon ; la choſe eſt indifférente par rapport à cette perpendiculaire, qui eſt toujours une ligne droite, perpendiculaire à la ſurface de ce milieu, & menée du point de paſſage, dans ce nouveau milieu.

II°. Comme la ſurface d'une eau tranquille BT, eſt plane ; la ſurface de l'air qui l'environne, eſt plane auſſi : l'air qui environne une ſurface plane, doit donc être conſidéré comme milieu à ſurface plane. Si un mobile M paſſe de l'eau dans l'air dans la direction DMA, la ligne MV ſera la perpendiculaire menée dans ce nouveau milieu.

403. DÉFINITION II. *Dans un milieu à ſurface ſphérique*, par exemple dans un globe de cire ou de neige ou d'argille humide (*fig.* 37), *cette per-*

pendiculaire eſt le rayon même de la ſphere, ou la ligne droite menée du point d'incidence au centre de convexité. Par exemple, ſi le mobile M rencontre le globe pénétrable N, en B ou en D, cette perpendiculaire eſt le rayon B N, ou D N.

Un milieu qui environne un globe, par exemple, l'air ou l'eau qui enveloppe le globe N, doit être conſidéré comme un milieu à ſurface concave, dont nous allons faire connoître la perpendiculaire, menée du globe dans le milieu environnant.

404. DÉFINITION III. *Dans un milieu à ſurface ſphériquement concave, cette perpendiculaire eſt le rayon prolongé; ou la ligne droite* N C *ou* N F, *menée du centre de courbure, dans le nouveau milieu, par le point où le mobile paſſe du ſein de la ſphere dans le milieu environnant*: puiſque la ligne EF eſt perpendiculaire à la tangente au point E.

REGLE I.

405. *Quand un mobile eſt porté par un mouvement perpendiculaire, d'un milieu dans un autre milieu plus ou moins réſiſtant, ce mobile ne change point de direction.* (fig. 36, 37.)

DÉMONSTRATION. La vérité de cette regle eſt conſtatée par l'expérience. Une balle qui tombe perpendiculairement de V en M, ſur un baſſin d'eau tranquille, va au fond par la même direction V M N. Une balle qui va frapper perpendiculairement un cube de cire ou de neige ou d'argille humide, quelle que ſoit la poſition de ce cube, s'ouvre un paſſage dans ce cube, par une ligne perpendiculaire à la ſurface où a commencé le contact. Une balle qui va frapper un globe N de cire ou de neige, dans une di-

rection M B, qui prolongée passe par le centre, traverse ce globe par la ligne droite M N C. Toutes ces directions sont perpendiculaires aux nouveaux milieux : donc dans le mouvement perpendiculaire aux nouveaux milieux, il n'y a aucun changement de direction, aucune réfraction.

La raison en est, que dans la direction perpendiculaire à un nouveau milieu, toutes les parties de l'obstacle opposent une résistance égale en tout sens au mouvement : donc le mouvement du mobile ne doit être détourné & infléchi en aucun sens : donc ce mouvement doit continuer dans sa premiere direction, jusqu'à ce que la résistance plus ou moins grande de l'obstacle ou du milieu qu'il pénetre, & auquel il se communique, l'ait entiérement absorbé. C. Q. F. D.

REGLE II.

406. *Quand un mobile passe obliquement d'un milieu plus facilement pénétrable, dans un milieu plus difficilement pénétrable ; sa direction se réfracte au passage, en s'éloignant de la perpendiculaire menée dans le nouveau milieu.* (fig. 36, 37.)

DÉMONSTRATION. I°. Qu'un mobile A passe de l'air dans l'eau avec une vîtesse quelconque, dans la direction A M en partie horisontale AV, & en partie centrale A B (354) : le mobile, au lieu de suivre sa premiere direction A M P, prendra une autre direction A M D, en s'éloignant de la perpendiculaire M N.

La raison en est, qu'à l'instant où le mobile atteint l'eau en M avec un mouvement en partie

parallele & en partie perpendiculaire à la ſurface de l'eau ; le *mouvement parallele* MH ne rencontre pas plus d'obſtacle qu'auparavant, puiſque le mobile eſt encore tout entier dans l'air ; au lieu que le *mouvement perpendiculaire* MN rencontre un obſtacle qui lui réſiſte huit ou neuf cents fois plus que ne lui réſiſtoit un égal volume d'air : le mouvement perpendiculaire MN doit donc être diminué & affoibli au point de contact, tandis que le mouvement parallele MH reſte le même. Or le mouvement parallele reſtant le même, & le mouvement perpendiculaire étant affoibli au point de contact ; ces deux forces conſpirantes prennent un nouveau rapport ; & le mobile, en entrant dans l'eau, obéiſſant aux deux forces qui le meuvent, doit ſe porter davantage du côté de la force MH, qui eſt devenue prédominante par l'affoibliſſement de ſa rivale. Quand le mobile eſt totalement enfoncé dans l'eau, il lui reſte encore une partie de ſon mouvement perpendiculaire MN, & une partie un peu plus grande de ſon mouvement parallele MH; & comme alors l'eau oppoſe une égale réſiſtance à ces deux forces, le mobile, livré aux deux forces conſpirantes qui lui reſtent, parcourt dans ce nouveau milieu, la diagonale MD d'un parallélogramme conſtruit ſur la direction & ſur le rapport des deux forces reſtantes. (345.)

II°. Si le nouveau milieu BTXK, au lieu d'être un volume d'eau, étoit une maſſe d'argille humide, & que le mobile A fût une balle tirée dans la direction AM; on démontreroit par la même expérience & par la même théorie, que la balle, en pénétrant ce milieu, s'éloignera de

la perpendiculaire M N, en prenant une nouvelle direction MD plus ou moins éloignée de la perpendiculaire, selon la plus ou moins grande résistance du milieu. La même démonstration aura lieu, soit que la surface T M B soit parallele à l'horison, soit qu'elle lui soit inclinée ou perpendiculaire : pourvu que la direction A B de la balle fasse le même angle d'incidence AMB sur la surface du nouveau milieu.

III°. Si le nouveau milieu est un globe de cire ou d'argille N, une balle tirée dans la direction oblique MDH, s'écarte de la perpendiculaire DN, & prend la direction DE. La raison en est, que la balle, en heurtant le globe en D, est animée de deux mouvements, dont l'*un* DH la sollicite à s'enfoncer dans le globe, & l'*autre* BDG la sollicite à s'écarter du centre du globe. Le premier mouvement, à l'instant du contact, éprouve la résistance du globe; tandis que le second n'éprouve encore que la résistance de l'air : la balle doit donc infléchir son mouvement dans la direction de la force DG qui se trouve moins affoiblie : la balle prendra donc la direction DE, qui l'écarte de la perpendiculaire DN.

Donc quand un mobile passe obliquement d'un milieu moins résistant dans un autre milieu plus résistant, quelles que soient la nature & la position de ce nouveau milieu; le mobile doit toujours s'éloigner de la perpendiculaire menée dans ce nouveau milieu. C. Q. F. D.

REGLE III.

407. *Quand un mobile passe obliquement d'un milieu plus difficilement pénétrable, dans un autre milieu plus facilement pénétrable; sa direction se réfracte au*

paſſage, en s'approchant de la perpendiculaire menee dans le nouveau milieu. (fig. 36, 37.)

DÉMONSTRATION. Cette propoſition eſt l'inverſe de la précédente, & elle eſt fondée ſur les même principes, comme il eſt facile de le faire voir.

I°. Soit B T X K, un parallélepipede d'argille humide, ſuſpendu en l'air dans une direction parallele ou perpendiculaire ou oblique à l'horiſon. Qu'un mobile quelconque, par exemple, une balle de fuſil, mu dans la direction A M, ſoit parvenu en D, où il va paſſer de l'argille dans l'air : il conſte par l'expérience, que ce mobile, au lieu de continuer ſa route dans la direction M D R, prend la direction D S, en s'approchant de la perpendiculaire D C.

Pour ſaiſir la raiſon de cette inflexion M D S, conſidérons le mobile en D, dans cet inſtant où il eſt à moitié dans l'argille & à moitié dans l'air. Le mobile arrivé en D, par la ligne M D, eſt animé d'un double mouvement D X, D C : en vertu de ce double mouvement, il parcourroit la ligne D R, ſi ces deux mouvements reſtoient dans la même proportion. Mais quand le mobile eſt en D, l'argille réſiſte encore à ſon mouvement D X ; tandis que l'air ſeul réſiſte à ſon mouvement D C : le premier mouvement ſera donc détruit en plus grande partie que le ſecond. Suppoſons le mouvement D X diminué par la réſiſtance de l'argille, de la quantité X F : le mobile, livré aux deux forces reſtantes D F & D C, doit décrire la diagonale D S, au lieu de la ligne D R ; & par là même, le mobile doit s'approcher de la perpendiculaire D C, menée

du point de paſſage D, dans le nouveau milieu.

II°. Par la même raiſon, une balle mue dans un globe d'argille dans la direction DER, prend la direction EK, en paſſant de l'argille dans l'air, & s'approche de la perpendiculaire EF. La balle, à moitié dans l'argille & à moitié dans l'air, eſt plus arrêtée par l'argille que par l'air : elle doit donc ſe mouvoir, en ſe portant davantage du côté de la force qui eſt le moins affoiblie, ou du côté où elle éprouve moins de réſiſtance.

Donc, quand un mobile paſſe obliquement d'un milieu plus réſiſtant, dans un autre milieu moins réſiſtant, quelles que ſoient & la nature & la poſition de ce milieu; le mobile doit toujours infléchir ſon mouvement, en s'approchant de la perpendiculaire menée dans le nouveau milieu. C. Q. F. D.

Réfraction de la lumiere.

408. OBSERVATION. La lumiere eſt ſoumiſe aux mêmes loix générales de réfraction, que les autres corps : puiſque ces loix ne ſont qu'une conſéquence & une application des loix générales du mouvement, que nous avons établies & démontrées précédemment. Il y a cependant cette différence remarquable entre la lumiere & les autres corps; ſavoir, que *certains milieux plus difficilement pénétrables aux autres corps, ſont plus facilement pénétrables à la lumiere.* Par exemple, l'eau eſt un milieu plus facilement pénétrable à la lumiere, que l'air : l'air qui avoiſine la ſurface de la terre, eſt un milieu plus facile & moins réſiſtant, pour la lumiere, que l'air

immenſément plus raréfié qui termine l'athmoſphere loin du globe terreſtre. D'où il réſulte que *la réfraction de la lumiere doit ſe faire en des ſens oppoſés à la réfraction des autres corps*. Par exemple (*fig.* 36):

Il conſte par l'expérience, que ſi une balle A paſſe de l'air dans l'eau, avec la direction oblique A M; cette balle, au lieu de ſuivre la ligne droite A M P, infléchit en M ſa direction A M D, en s'éloignant de la perpendiculaire M N: parce que l'eau eſt pour la balle en M, un milieu plus réſiſtant que l'air.

Il conſte également par l'expérience, que ſi un ballon ou un rayon de lumiere A paſſe de l'air dans l'eau, avec la direction oblique A M; ce ballon de lumiere, au lieu de ſuivre la ligne droite A M P, infléchit en M ſa direction A M O, en s'approchant de la perpendiculaire M N: parce que l'eau eſt pour le ballon de lumiere en M, un milieu plus facile & moins réſiſtant que l'air; quelle que ſoit la cauſe de cette moindre réſiſtance.

Ainſi la théorie du mouvement réfracté eſt la même pour tous les corps. Mais les réſultats de cette théorie ne ſont pas les mêmes dans la lumiere & dans les autres corps: parce que certains milieux pénétrables, qui réſiſtent plus aux autres corps, réſiſtent moins à la lumiere.

409. REMARQUE. Un chaſſeur qui tire un coup de fuſil contre un poiſſon dans l'eau, manque toujours ſon coup, s'il n'a pas égard à la réfraction: puiſque ſi le poiſſon eſt immobile en P, & que le chaſſeur dirige ſon coup ſelon la ligne A M P, la balle doit aller néceſſairement en D.

Les principes que nous venons d'établir ſur la

réfraction du mouvement, sont la base & le fondement de la *dioptrique ;* science qui a pour objet la direction de la lumiere réfractée dans l'air, dans l'eau, dans les différents miroirs : nous en donnerons ailleurs un traité à part.

Après avoir considéré le mouvement en lui-même, il nous reste à le considérer dans les machines qui servent ou à l'augmenter ou à le diminuer à l'infini.

SECTION SECONDE.

LE MOUVEMENT DANS LES MACHINES, OU LA MÉCHANIQUE.

410. DÉFINITION. LA *méchanique* est une science qui apprend à augmenter ou à diminuer à l'infini les forces motrices, par le moyen de certaines machines qu'elle applique au mouvement. L'objet de cette science est de faire ensorte que la plus petite force devienne capable d'égaler ou de vaincre la plus grande résistance ; par exemple, qu'un poids d'une livre éleve ou tienne en équilibre un poids de tant de livres qu'on voudra.

Nous allons examiner dans cette section, & les principes fondamentaux de la méchanique, & l'action que doit produire chaque machine en particulier, & la résistance qui peut & doit naître des machines elles-mêmes.

PARAGRAPHE PREMIER.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA MÉCHANIQUE.

Comme la gravitation des corps eſt une des forces que l'on fait agir le plus communément dans la méchanique ; l'examen de cette force & du centre commun de ſon action, ne paroîtra point étranger à la théorie de la méchanique.

Gravitation des corps.

411. OBSERVATION. Tous les corps terreſtres, homogenes ou hétérogenes, gravitent ou tendent à ſe porter vers le centre de la terre, dans des directions toujours & par-tout perpendiculaires à l'horiſon (247): & leur force gravitante eſt proportionnelle à la quantité de matiere qu'ils renferment. Une livre d'eau & une livre de plomb, malgré la différence de leur nature & de leur denſité, tendent vers le centre de la terre, avec une force préciſément égale : parce que la livre d'eau, ſous ſon plus grand volume, ne contient qu'une quantité de parties gravitantes, égale à la quantité de parties gravitantes que renferme la livre de plomb ſous ſon plus petit volume.

I°. Quoique la gravité des corps devienne plus grande, à meſure qu'ils s'approchent du centre de la terre ; cependant comme cette différence de gravité n'eſt ſenſible, qu'autant que la différence de diſtance au centre de la terre, eſt très-conſidérable (364), il s'enſuit qu'un corps doit avoir ſenſiblement la même gravité & le même

même poids, à toutes les hauteurs & à toutes les profondeurs, où nous pouvons le faire agir ſur des machines.

II°. Chaque partie gravitante a ſa gravitation à part, en vertu de laquelle elle tend à ſe précipiter en ligne droite, avec un mouvement accéléré, vers le centre de la terre. Par exemple (*fig.* 38):

Si le point C eſt pris pour le centre de la terre, les corps A, B, D, F, G, placés ſur ſa ſurface, tendent chacun à ſe précipiter en C, par les lignes convergentes FC, BC, AC, DC, GC. Mais comme la diſtance FC, GC, du centre de la terre à ſa ſurface, eſt immenſément grande par rapport à la diſtance FG de quelques toiſes; il s'enſuit que la convergence des lignes FC, GC, doit être ſenſiblement nulle; & que les lignes FC, GC, peuvent être priſes pour paralleles. De ſorte que ſi les deux corps F & G, tombant dans un profond abyme, s'approchoient du centre de la terre de quelques centaines de pieds, en vertu de leur gravité; ils décriroient deux lignes F*m*, G*n*, mathématiquement convergentes, mais ſenſiblement paralleles: parce que la quantité infiniment petite dont ces deux lignes s'approcheroient dans une longueur de quelques centaines de pieds, ſeroit toujours imperceptible. Ainſi ces lignes, quoique mathématiquement convergentes, doivent être regardées comme paralleles.

III°. Quoique toutes les parties gravitantes d'un corps, aient chacune leur tendance à part vers le centre de la terre; cependant, comme dans les corps ſolides toutes ces parties ſont adhérentes l'une à l'autre, leur gravitation commune

ſe réunit néceſſairement dans une même ligne de direction, dans la ligne AMN où ſe trouve le centre commun de toutes les parties gravitantes. (*fig.* 40.)

Par exemple, dans le globe ſolide M, chaque molécule a ſa gravitation à part, en vertu de laquelle elle tend à ſe précipiter perpendiculairement ſur le plan horiſontal HK, en s'approchant du centre de la terre. Mais comme toutes ces molécules ſont adhérentes les unes aux autres, la molécule F ne peut deſcendre, ſans que la molécule G monte: leurs forces égales & oppoſées ſe détruiſent (344); & leur effort commun contre le plan & vers le centre de la terre, ſe fait comme ſi toute leur action étoit dans la ligne AN qui paſſe par le centre de gravitation. De ſorte que ſi la ligne AMN eſt arrêtée par le plan, toutes les parties adhérentes du globe étant de part & d'autre réciproquement en équilibre, le globe doit reſter en repos.

IV°. La même théorie & le même effet aura lieu, ſi le globe M eſt un globe creux, rempli d'un liquide. Toutes les molécules oppoſées F & G, B & D, du liquide, ont une gravitation égale & oppoſée, qui ſe détruit réciproquement, & qui ſe convertit en une force commune par la ligne AMN. Il n'en feroit pas de même ſi le globe creux venoit à ſe caſſer: chaque molécule du liquide reprendroit ſa gravitation iſolée, & ſe porteroit, indépendamment des autres, par ſa ligne FH, GK, vers le centre de la terre.

Centre de gravité.

412. DÉFINITION I. On nomme *centre de gra-*

vité dans un corps, un point dans lequel ce corps seroit divisé en tout sens par un plan, en deux parties d'égale pesanteur. Par exemple (*fig.* 40):

I°. Le centre de gravité dans un globe homogene, est le centre même du globe, ou le point également éloigné de toutes les parties de la surface. Dans un cube homogene, le centre de gravité est le centre même du cube, ou le point également éloigné des six surfaces.

II°. Dans un globe hétérogene, dont un hémisphere A F N seroit de bois, & l'autre hémisphere A G N seroit de plomb; le centre de gravité ne seroit point le centre même du globe, mais un point C, écarté du centre, du côté de l'hémisphere plus pesant. On doit entendre la même chose d'un cube, & de toute autre figure réguliere, composée de matiere de différente densité.

III°. Dans un corps homogene quelconque, le centre de gravité est un point par où ce corps seroit divisé en deux parties égales dans ses trois dimensions. (*fig.* 35.)

Par exemple, si le canon E M est divisé en deux parties égales par un plan DOMD, par un autre plan E *n* M E, par un autre plan *r s r*; le point *a*, où s'entrecoupent ces trois plans perpendiculaires entre eux, sera le centre de gravité du canon E M.

413. DÉFINITION II. On nomme *ligne de gravitation*, une ligne droite menée du centre de gravité vers le centre de la terre, où tendent naturellement tous les graves. Par exemple (*fig.* 41):

Les lignes A H, B K, sont les lignes de gravitation des corps H & K; lignes mathématiquement convergentes (411), mais sensiblement &

phyſiquement paralleles entre elles. De même (*fig.* 55, 56, 57),

Les lignes A R, C P, ſont les lignes de gravitation des corps R & P, dont le centre de gravité eſt en R & en P.

414. AXIOME I. *Un corps demeure en repos, quand ſon centre de gravité eſt arrêté ou ſuſpendu :* puiſque toutes les autres parties de ce corps étant en tout ſens en équilibre autour de ce point immobile, leurs forces égales & oppoſées doivent néceſſairement ſe détruire. (*fig.* 40.)

415. AXIOME II. *Un corps tombe ou deſcend, quand ſon centre de gravité n'eſt point empêché de s'approcher du centre de la terre :* puiſque la gravité, réſidente dans ce centre, eſt une puiſſance néceſſaire, qui produit toujours ſon effet, quand un obſtacle invincible ne détruit pas ſon action.

416. APPLICATION. I°. Un globe M (*fig.* 40), poſé ſur un plan horiſontal H K, demeure immobile : parce que ſa gravité, qui ſeule pourroit le mouvoir, eſt toute réunie dans le centre M ; & que ce centre eſt arrêté par le rayon qui porte ſur le plan & qui ſe trouve dans la ligne de gravitation.

II°. Un globe R (*fig.* 51), poſé ſur un plan incliné A B, doit tomber en roulant ſur ſon centre R : parce que la gravité, réſidente en R, ſollicite ſans ceſſe ce globe à deſcendre avec un mouvement accéléré, par la ligne de gravitation R B qui n'eſt point arrêtée & ſoutenue par le plan.

III°. Un corps à ſurface plane & parfaitement polie, poſé ſur un plan incliné & parfaitement poli, deſcendra en gliſſant ſur ce plan (*fig.* 47) : parce que la gravité, réſidente en M, ſollicite ſans ceſſe ce corps à s'approcher du centre de la

terre, & qu'elle peut obtenir ſon effet, en portant le mobile de M en N. Rien ne réſiſte à ce mouvement MN, que le frottement, lequel n'eſt pas toujours aſſez conſidérable pour détruire toute l'action de la gravité.

IV°. L'eau qui coule dans les rivieres, ne doit ſon mouvement qu'à la gravité réſidente dans tous ſes éléments déſunis; gravité qui les fait *rouler* ou *gliſſer*, dans le ſens où ils peuvent le plus s'approcher du centre de gravitation, ou du centre de la terre.

417. REMARQUE. Dans le corps humain, le centre de gravité ſe trouve à peu près dans le milieu de ſes trois dimenſions, dans une ligne perpendiculaire à l'horiſon, & dans un point de cette ligne un peu plus près de la tête que des pieds: cette ligne eſt ſa ligne de gravitation. (*fig.* 69.)

I°. Quand le centre de gravité A ſe trouve dans une ligne droite FH qui, menée au centre de la terre, paſſe par la baſe ſur laquelle porte le corps humain, il n'y a point de chûte: parce que le centre de gravité étant appuyé & arrêté, il n'y a point de gravité qui ſollicite le corps à tomber en aucun ſens (414). Dans le corps humain, la baſe oppoſée à ſa gravité, eſt la plante de ſes pieds, quand il eſt droit; ſon ſiege, quand il eſt aſſis; ſon lit, quand il eſt couché. Dans un vieillard courbé, qui marche en s'appuyant ſur un bâton, la baſe oppoſée à ſa gravité, eſt l'eſpace intercepté entre ſa jambe droite, ſon bâton & ſa jambe gauche. Dans les quadrupedes, cette baſe eſt l'eſpace intercepté entre leurs quatre pieds.

II°. Quand le centre de gravité ſe trouve

dans une ligne droite qui, menée au centre de la terre, paſſe hors de la baſe ſur laquelle eſt appuyé le corps humain, la chûte eſt inévitable; parce que le centre de gravité n'étant point arrêté & ſoutenu, la gravité, réſidente dans ce centre, tend néceſſairement vers ſon terme, & y porte irréſiſtiblement le corps où elle réſide.

III°. Quand on marche, le centre de gravité ſe porte alternativement d'un pied ſur l'autre. Un faux pas menace-t-il le corps humain d'une chûte rapide? l'ame s'efforce à l'inſtant, par un inſtinct ineffable, de rétablir l'équilibre, en portant le centre de gravité vers le côté oppoſé à la chûte, vers le côté où le centre de gravité pourra ſe trouver dans la ligne de gravitation qui paſſe par la plante des pieds.

IV°. Il eſt facile, d'après cette théorie, d'expliquer pourquoi un homme qui a les talons appuyés contre un mur, ne peut, ſans tomber, prendre, en ſe courbant, une piece d'argent placée à terre à un ou deux pieds devant lui. La raiſon en eſt, que cet homme ne peut ſe courber, ſans que ſa ligne de gravitation paſſe hors de la plante de ſes pieds, où ſon centre de gravité ceſſe d'être appuyé & ſoutenu. Si ſes pieds n'étoient pas appuyés contre un mur, il pourroit, en ſe courbant, infléchir ſon corps en partie en avant & en partie en arriere, & laiſſer ſon centre de gravité dans une ligne de gravitation qui paſſeroit entre la plante de ſes pieds: au lieu que le mur s'oppoſant à cette inflexion, qui produiroit l'équilibre, il ne peut ſe courber ſans perdre l'équilibre, ſans porter ſon centre de gravité hors du point d'appui, ſans tomber.

Puiſſance, réſiſtance.

418. DÉFINITION I. On nomme *puiſſance* en méchanique, une cauſe motrice quelconque, animée ou inanimée, dont l'effort meut ou tend à mouvoir un corps. La force d'une puiſſance méchanique ſe diviſe en force abſolue & en force relative.

I°. On nomme *force abſolue* d'une puiſſance, l'activité qu'elle a par elle-même, ſans le ſecours d'aucune machine.

II°. On nomme *force relative* d'une puiſſance, l'activité qu'elle a par le moyen de la machine avec laquelle elle agit.

La force abſolue d'un poids d'une livre eſt toujours une peſanteur d'une livre, capable de détruire une peſanteur oppoſée d'une livre. Mais ce poids d'une livre, par le moyen d'un très-long levier, peut faire équilibre avec un poids de 100 livres, de 1000 livres; & alors, ſa force abſolue reſtant toujours la même, ſa force relative devient 100 fois ou 1000 fois plus grande. Nous ferons uſage de cette diſtinction, dans la théorie de toutes les machines.

419. DÉFINITION II. On nomme *réſiſtance* en méchanique, une force quelconque qui s'oppoſe au mouvement qu'on veut imprimer à un corps, ſoit pour le déplacer, ſoit pour le diviſer. Cette réſiſtance du corps à mouvoir, a pour cauſe, ou ſa force d'inertie, ou l'adhérence de ſes parties, ou ſa gravité, ou l'action d'une puiſſance oppoſée, ou tout cela à la fois.

Comme la *puiſſance* & la *réſiſtance* ont également une action réelle & poſitive; quand on

compare l'action de ces deux forces, on donne souvent à l'une & à l'autre le nom commun de *puissances* ; en disant, par exemple, les deux puissances sont entr'elles comme leurs distances au point d'appui ; ou en raison inverse de leurs distances au point d'appui.

420. Définition III. Une *force méchanique* est le produit d'une masse par une vîtesse effectuée ou qui tend à s'effectuer. Comme la vîtesse est le quotient de l'espace divisé par le tems (262) :

I°. Si la puissance & la résistance se meuvent conjointement, leurs vîtesses seront comme les espaces parcourus : la vîtesse de la puissance sera à la vîtesse de la résistance, comme l'espace parcouru par la premiere, est à l'espace parcouru par la seconde.

II°. Si la puissance & la résistance ne se meuvent pas réellement, mais tendent simplement à se mouvoir ; il faut estimer leur vîtesse initiale, ou leur tendance à la vîtesse, par l'espace qu'elles parcourroient chacune en tems égal, si le mouvement avoit lieu dans l'une & dans l'autre.

Théorême fondamental.

421. *Deux corps ont une égale force motrice & demeurent en équilibre, quand leurs mouvements étant opposés, le produit de la masse par la vîtesse dans l'un, est égal au produit de la masse par la vîtesse dans l'autre.*

Démonstration. Deux corps n'ont d'action l'un sur l'autre, qu'en vertu de leur mouvement effectué ou tendant à s'effectuer (420) : donc, quand les mouvements sont égaux & op-

posés, aucun des deux ne doit vaincre, aucun des deux ne doit être vaincu : donc les deux corps doivent rester *en équilibre*, c'est-à-dire, en égalité d'action opposée, & en repos. Or il y a égalité de mouvement dans deux corps, quand le produit de la masse par la vîtesse, effectuée ou qui tend à s'effectuer, est égal dans l'un & dans l'autre; puisque la quantité de mouvement, ou la quantité de force motrice des corps, est toujours le produit de leur masse par leur vîtesse (269) : donc ces corps doivent demeurer en équilibre & en repos. C. Q. F. D.

LES MACHINES.

422. DÉFINITION. ON nomme *machines*, toutes sortes d'instruments propres à augmenter ou à diminuer le mouvement. Il y a six *machines simples*, le levier, la poulie, le tour, le plan incliné, la vis, le coin. De ces six machines simples se forment une foule de *machines composées*, qui ne sont qu'une combinaison des machines simples entr'elles, ou qui ne sont qu'un assemblage de plusieurs machines simples, assorties & combinées ensemble pour faire un effort commun contre une même résistance.

Les six machines simples, que nous venons de nommer, ne sont même dans le fond, que six différentes combinaisons d'une seule & unique machine, du *levier*; & c'est sous ce simple point de vue, que nous les montrerons successivement l'une après l'autre, dans la théorie que

nous allons en donner. Par là, la méchanique ſe trouvera réduite à un ſeul & même principe, à l'action du levier différemment modifié & combiné. Il eſt donc de la derniere importance de bien faire connoître l'action du levier.

PARAGRAPHE SECOND.

THÉORIE DU LEVIER.

423. DÉFINITION. LA plus ſimple de toutes les machines, le levier, peut être conſidéré, ou mathématiquement, ou phyſiquement (*fig.* 41):

I°. Le levier, conſidéré mathématiquement, n'eſt autre choſe qu'une ligne droite & ſans peſanteur ADB, deſtinée à régler les diſtances de la puiſſance & de la réſiſtance au point d'appui D.

II°. Le levier, conſidéré phyſiquement, eſt une ligne ſolide & inflexible ADB, deſtinée à mouvoir ou à ſoutenir des poids AH & BK, ſur un même point d'appui D. Ce que cette ligne ſolide ADB ſe trouve avoir de peſanteur propre, doit être conſidéré comme faiſant partie des deux forces oppoſées H & K: ainſi la peſanteur DA du levier, fait partie de la puiſſance H; & la peſanteur DB du même levier, fait partie de la puiſſance ou réſiſtance K.

424. DIVISION. On diſtingue trois genres de levier, par les trois différentes poſitions que peut avoir la puiſſance qui agit par le moyen du levier, relativement au point d'appui.

I°. On nomme *leviers du premier genre*, ceux

où le point d'appui A eſt entre la puiſſance P, & la réſiſtance R. (*fig.* 43.)

II°. On nomme *leviers du ſecond genre*, ceux où la réſiſtance R eſt entre la puiſſance P, & le point d'appui A. (*fig.* 44.)

III°. On nomme *leviers du troiſieme genre*, ceux où la puiſſance P eſt placée entre la réſiſtance R, & le point d'appui A. (*fig.* 45.)

425. REMARQUE. Le point d'appui eſt le centre du mouvement, tant de la puiſſance que de la réſiſtance. (*fig.* 41).

Si le point A ſe mouvoit autour du point d'appui D; le point A parcourroit l'arc AF, dans le même tems que le point B parcourroit l'arc BC: ces arcs ſont entr'eux comme leurs rayons, ou comme les leviers DA, DB: les vîteſſes ſont donc auſſi dans le même rapport, comme les rayons ou comme les leviers. La même obſervation regarde les trois genres de leviers, où la puiſſance & la réſiſtance ont toujours le point d'appui pour centre commun de leurs mouvements égaux ou inégaux.

Le levier du premier genre a la propriété de rendre diamétralement oppoſée l'action de deux corps qui luttent l'un contre l'autre en vertu de leur peſanteur. Par exemple, le corps H, en tendant à s'approcher du centre de la terre, tend à élever le corps K vers le zenith: ces deux directions ſont diamétralement oppoſées.

L'action d'une puiſſance peut être, ou dans une direction perpendiculaire, ou dans une direction oblique au levier: nous allons examiner ſéparément ces deux ſortes d'action.



CHAPITRE PREMIER.

ACTION PERPENDICULAIRE AU LEVIER.

THÉORÊME.

426. *Il y a équilibre entre deux puiſſances, dont l'action eſt perpendiculaire au levier, quand leur action étant oppoſée, leurs maſſes ou leurs forces abſolues ſont en raiſon inverſe de leur diſtance au point d'appui.* (fig. 41.)

DÉMONSTRATION. Il doit y avoir équilibre & repos, quand les deux forces motrices ſont égales & oppoſées : or tel eſt le cas des deux forces en queſtion. Car d'un côté la force H = 1, tend à ſe mouvoir par le rayon ou levier DA = 3 : de l'autre côté la force K = 3, tend à ſe mouvoir par le rayon DB = 1. Par la diſpoſition du levier, la force 1 × 3 = 3, eſt oppoſée à la force 3 × 1 = 3 : donc ces deux forces égales & oppoſées doivent ſe détruire réciproquement : donc il doit y avoir équilibre entre ces deux puiſſances H & K. La même démonſtration aura lieu pour tout autre cas, où les maſſes feront en raiſon inverſe des diſtances. C. Q. F. D.

REGLE UNIQUE.

427. *Quand une puiſſance agit par le moyen d'un levier, dans une direction perpendiculaire au levier ; ſa force relative eſt à ſa force abſolue, comme ſa diſtance au point d'appui, eſt à la diſtance de la puiſſance oppoſée, au même point d'appui.* (fig. 41.)

DÉMONSTRATION. La force d'une puiſſance

étant le produit de ſa maſſe par ſa vîteſſe, il s'enſuit que la maſſe reſtant la même, cette force croît & décroît comme la vîteſſe : or la vîteſſe, effectuée ou tendante à s'effectuer, croît & décroît comme la diſtance au point d'appui (425) : donc la force d'une puiſſance croît & décroît comme ſa diſtance au point d'appui. Donc un poids d'une livre, placé ſur le levier D A au point 1, aura une force comme 1 ; au point 2, une force comme 2 ; au point 3, une force comme 3 ; & ainſi de ſuite à l'infini. C. Q. F. D.

428. REMARQUE I. On conçoit, par cette théorie, comment on pourroit réſoudre le fameux problême métaphyſique d'Archimede. Donnez-moi un point fixe hors de la terre, diſoit ce grand méchanicien, & j'enleverai le globe terreſtre. (*fig.* 41.)

Si on avoit un point fixe D hors de la terre, & un levier immenſe & ſans peſanteur B A ; en ſuſpendant d'un côté la terre K très-près du point d'appui, & de l'autre côté à une diſtance immenſe un boulet de canon H ; en telle ſorte que la diſtance A D du boulet au point d'appui, excédât plus la diſtance B D de la terre au point d'appui, que la maſſe de la terre n'excede la maſſe du boulet ; la terre ſeroit enlevée par le boulet : puiſque le produit de la maſſe par la vîteſſe dans le boulet, ſeroit plus grand que le produit de la maſſe par la vîteſſe dans la terre.

429. REMARQUE II. Comme la force abſolue d'une puiſſance augmente ou diminue dans le levier, il eſt à propos d'examiner en quels cas elle doit augmenter ou diminuer. (*fig.* 43, 44, 45.)

I°. Dans le levier du premier genre, la force abſolue augmente dans la puiſſance, quand la puiſſance eſt plus éloignée du point d'appui, que la réſiſtance : la force abſolue de la puiſſance diminue, quand la puiſſance eſt plus près du point d'appui que la réſiſtance : la force abſolue ne croît ni ne diminue, quand la puiſſance & la réſiſtance ſont à une égale diſtance quelconque du point d'appui.

II°. Dans le levier du ſecond genre, la force abſolue de la puiſſance a toujours une augmentation : parce que la puiſſance eſt toujours plus éloignée du point d'appui, que la réſiſtance. La main P qui ſoutiendroit un poids de 100 livres par ſa force abſolue, ſoutiendra un poids de 200 livres par ſa force relative, quand elle ſera deux fois plus éloignée du point d'appui, que la réſiſtance ; & ainſi du reſte.

III°. Dans le levier du troiſieme genre, la force abſolue de la puiſſance eſt toujours diminuée : parce que la puiſſance eſt toujours plus près du point d'appui, que la réſiſtance. La main P, qui ſoutiendroit un poids de 100 livres en P par ſa force abſolue, ne ſoutiendra plus qu'un poids de 50 livres, quand ce poids ſera à une diſtance double du point d'appui.

430. REMARQUE III. Quand deux corps ſont ſuſpendus perpendiculairement aux deux bras d'un levier du premier genre (*fig.* 41):

I°. *S'il y a équilibre*, le point d'appui ſupporte toute la gravité ou tout le poids des deux corps : puiſque cette gravité ſubſiſte toujours, & que ſon effort ſe porte néceſſairement contre l'obſtacle qui l'arrête. Si le corps K peſe trois livres, & le corps H une livre ; l'appui D ſupporte

quatre livres, outre le poids propre du levier.

Quoique le corps H d'une livre, faſſe équilibre avec le corps K de trois livres, il ne s'enſuit pas que le corps H faſſe une preſſion de trois livres ſur le point d'appui D : parce que le corps H ne fait équilibre avec le corps K, qu'en vertu de ſa force relative; & que le point d'appui, centre immobile du mouvement, eſt indépendant des forces relatives, produites par la différence des vîteſſes. Ce point d'appui n'eſt donc preſſé que par les forces abſolues.

II°. *S'il n'y a point équilibre*, le point d'appui ſupporte tout le poids du corps qui monte, & une partie du poids du corps qui deſcend, égale au poids du corps qu'il enleve. L'excès de force du corps qui deſcend, ne lutte point contre le point d'appui : puiſque ſon action eſt employée à faire deſcendre ce corps, lequel deſcend ou tend à deſcendre avec une force proportionnelle à cet excès de peſanteur.

Quand deux corps d'inégale peſanteur ſont poſés ſur les deux baſſins d'une balance, la main qui éleve le corps plus peſant, ne lutte que contre ſon excès de peſanteur : par exemple, ſi l'un des deux corps peſe 30 livres, & l'autre 40, la main ne leve & ne ſupporte que le poids de 10 livres.

431. REMARQUE IV. Soit un levier A B, appuyé ſur deux points immobiles ou mobiles A & B ; & un corps R, qui lutte perpendiculairement contre ce levier. (*fig.* 46.)

I°. Si le poids R eſt également éloigné des deux points d'appui, *ce poids preſſe ou charge également ces deux points* A & B ; & ſi ces deux points ſont deux puiſſances qui meuvent le

corps R, elles éprouvent une égale résistance.

II°. Mais si la résistance ou le poids R est plus près du point A, que du point B, *les pressions en A & en B, sont en raison inverse de leurs distances* à la résistance C R. Pour en saisir la raison,

Considérons le point A & le point B, comme tendant à élever ou à entraîner le corps R. Le point B sera une puissance qui agira par un levier B C, tandis que le point A sera une puissance qui agira par le levier A C. Supposons la distance B C deux fois plus grande que la distance A C: la puissance B, aidée d'un levier deux fois plus grand que le levier de la puissance A, aura deux fois plus de facilité & deux fois moins de résistance & de pression que la puissance A. La pression ou la résistance en A, sera donc à la pression ou à la résistance en B, comme la distance C B est à la distance C A; ou en raison inverse des distances à la résistance C R.

Cette théorie est pratiquement connue des personnes même les moins éclairées. Deux porte-faix n'ignorent point que s'ils transportent un fardeau suspendu à une barre appuyée sur leurs épaules, ils seront chargés également, quand le poids sera placé à égale distance de l'un & de l'autre; & que si la distance est inégale, l'un des deux sera d'autant plus chargé, qu'il sera plus près du poids. De même, un charretier, qui a deux chevaux ou deux mulets d'inégale force, sait qu'il faut placer le plus foible un peu plus loin de la ligne de trait, afin que la résistance du fardeau lutte en plus grande partie contre le plus fort.



La balance commune.

432. APPLICATION I. La *balance* (*fig.* 48) eſt un levier du premier genre. Le centre C de la charniere C D, eſt le point d'appui : les deux parties égales C A & C B du fléau A B, ſont le levier de la puiſſance & de la réſiſtance. On peut regarder comme puiſſance, le poids connu ; & comme réſiſtance, le corps dont on cherche le poids.

Pour qu'une balance ſoit juſte & exacte, il faut que les deux baſſins ſoient d'égale peſanteur ; que les deux bras C A & C B du fléau, ſoient également longs & également peſants dans toutes leurs diſtances égales du point d'appui ; & que le fléau ſoit bien mobile dans ſa charniere & autour de l'eſſieu qui lui ſert d'appui.

Si l'un des bras C A ſe trouve plus long d'un dixieme, & que l'autre bras C B ſe trouve plus peſant d'un dixieme ; il y aura équilibre, quand la balance ſera vuide : parce qu'il y aura de part & d'autre un égal produit de la maſſe par la vîteſſe (426). Mais ſi l'on met un poids de 9 livres ſur le baſſin plus éloigné du point d'appui, il fera équilibre avec un poids de 10 livres poſé ſur le baſſin moins éloigné du point d'appui : parce que les forces motrices feront de part & d'autre $9 \times 10 = 10 \times 9$. On voit par-là comment la fraude peut abuſer d'une balance à bras inégaux. En mettant la marchandiſe qu'elle achete ſur le bras plus court, elle prendra dix livres ſur le pied de neuf ; & en mettant la marchandiſe qu'elle vend, ſur le bras plus long, elle livrera neuf livres ſur le pied de dix. (*fig.* 84 & 41.)

Pour s'aſſurer qu'une balance n'eſt point frau-

duleuſe, il faut mettre ſur les deux baſſins, qui ſont toujours en équilibre quand ils ſont vuides, deux poids quelconques qui faſſent équilibre, & faire changer de place aux deux poids. Si l'équilibre reſte, la balance eſt exacte: puiſque les deux poids, en changeant de baſſin, ne peuvent conſerver leur même force motrice, ſans avoir l'un & l'autre la même vîteſſe ou la même tendance à la vîteſſe, qu'ils avoient auparavant.

Peſon, ciſeaux, barques, vaiſſeaux.

433. APPLICATION II. Il eſt facile d'appercevoir le méchaniſme du levier dans une infinité de machines: nous nous bornerons à le faire obſerver dans quelques-unes de celles qu'il importe le plus de connoître.

I°. Le *peſon*, qu'on appelle auſſi *balance romaine* (*fig.* 42), eſt un levier du premier genre. Le point d'appui eſt C: la réſiſtance eſt R: la puiſſance plus ou moins éloignée du point d'appui, eſt P. Il y a équilibre, quand la diſtance C P eſt à la diſtance C D, comme la réſiſtance R, eſt à la puiſſance P. Mais il faut faire attention que les deux parties C D & C F du fléau, font partie, l'une de la réſiſtance R, l'autre de la puiſſance P. Et comme la partie C F eſt communément plus peſante que la partie C D; on omet pluſieurs diviſions entre C P, pour compenſer cet excès de force qu'acquiert la puiſſance P par le poids de ſon levier.

II°. Les *ciſeaux*, les *tenailles*, renferment un double levier du premier genre. Le point d'appui eſt le clou autour duquel ſe fait le mouvement: la main eſt la puiſſance: le corps à couper ou à ſerrer, eſt la réſiſtance. Plus la diſtance de la

puiſſance au point d'appui, excede la diſtance de la réſiſtance au même point d'appui, plus la force relative de la puiſſance devient grande: puiſque la partie du levier qui eſt preſſée par la main, & la partie du même levier qui preſſe le corps, tendent à ſe mouvoir par des arcs ſemblables, qui ſont entre eux comme les rayons aboutiſſants à la puiſſance & à la réſiſtance.

III°. Les *barques à rames* ſont des leviers du ſecond genre. L'eau, contre laquelle s'appuie une extrêmité de la rame, fait la fonction de point d'appui : la barque à mouvoir, eſt la réſiſtance: la main, qui fait ſon effort contre l'autre extrêmité de la rame, eſt la puiſſance.

IV°. Les *vaiſſeaux à voiles* ſont des leviers du premier genre. Les vents, luttant contre les voiles & les mâts, ſont la puiſſance : l'eau qu'il faut fendre & ſillonner, eſt la réſiſtance : le point où les mâts ſont adhérents au vaiſſeau, eſt le point d'appui. Plus les voiles ſont amples & élevées, plus eſt grande l'action de la puiſſance : parce qu'elle agit par un plus grand levier. Le gouvernail, qui fend l'eau dans une direction tantôt parallele, tantôt oblique à l'impulſion du vent, fait prendre au vaiſſeau une direction parallele ou oblique à cette impulſion.

CHAPITRE SECOND.

ACTION OBLIQUE AU LEVIER.

Après avoir conſidéré l'action d'une puiſſance dans ſa direction perpendiculaire au levier, il nous reſte à examiner l'action de cette même puiſſance dans ſa direction oblique au levier.

Comme nous envisagerons toutes les machines comme autant de leviers, cette théorie de la force oblique deviendra générale pour toutes les machines.

THÉORÊME I.

434. *Une même puissance, appliquée à un même point d'un levier, a sa plus grande force, quand elle agit dans une direction perpendiculaire au levier ; & si elle agit dans une direction oblique au levier, sa force devient d'autant plus petite, que sa direction devient plus oblique.* (fig. 49.)

DÉMONSTRATION. L'expérience & la théorie établissent de concert la vérité de ce théorême : l'expérience constate le fait, & la théorie en rend raison.

EXPÉRIENCE. Soient deux puissances égales A & B, dont les directions DA, EB, soient perpendiculaires aux deux bras égaux du levier DE : que la direction de la puissance A reste toujours perpendiculaire DA ; tandis que la direction de la puissance B sera tantôt perpendiculaire AB, tantôt oblique EF sous un angle aigu CEF, tantôt oblique EG sous un angle obtus CEG. Les points F & G sont deux petites poulies fixes, sur lesquelles la puissance B se meut en liberté.

La puissance B, dans sa direction perpendiculaire EB, fait équilibre avec la puissance opposée A. Mais cette puissance B, dans sa direction oblique EG ou EF, est plus foible que la puissance opposée A : de sorte que si la puissance B est un poids de dix ou douze livres, il faudra lui ajouter quelques livres pour rétablir l'équilibre ; & qu'il faudra lui ajouter d'autant plus,

que ſa direction deviendra plus oblique. Donc la puiſſance quelconque B, ſuſpendue par une même ficelle à un même point du levier, a ſa plus grande force, quand elle agit dans une direction perpendiculaire au levier : puiſque dans cette direction, ſa force eſt égale à la force de la puiſſance oppoſée A ; & que dans aucune autre direction oblique, ſa force n'eſt égale à la force de la puiſſance A, dont la direction reſte toujours la même. Donc la force de la puiſſance B eſt d'autant plus petite, que ſa direction devient plus oblique ſur le levier : puiſque pour rendre la force de la puiſſance B, égale à la force conſtante de la puiſſance A ; il faut d'autant plus augmenter le poids de la puiſſance B, que la direction de cette puiſſance devient plus oblique au levier. A l'expérience joignons la théorie.

Explication. Il eſt facile de rendre raiſon de cette diminution de force dans la puiſſance dont l'action devient oblique au levier.

Quand la puiſſance B agit dans une direction perpendiculaire au levier, ſon *action totale* eſt employée à élever la puiſſance oppoſée A, dans une direction oppoſée à la ſienne. Mais quand cette puiſſance B agit dans une direction E G oblique au levier, ſon action totale ſe diviſe ou ſe décompoſe en deux actions particulieres E H, E K, qui lui feroient décrire la diagonale E G. *Par la premiere* E H, elle lutte contre le point d'appui C, qu'elle tend à faire avancer dans la direction E H : cette partie de ſon action ne tend point à élever le corps A. *Par la ſeconde* E K, elle lutte contre le corps A : cette ſeule partie de ſon action tend à élever le corps A, dans une direction oppoſée à ſa direction E B. La puiſſance B, dans

la direction oblique E G, eſt donc affoiblie relativemement à la puiſſance oppoſée A : puiſque l'action totale, qu'elle oppoſoit à la puiſſance A, eſt diviſée en deux portions, dont l'une ne lutte plus contre la puiſſance A.

De même, quand la puiſſance B agit dans la direction oblique E F, ſon action totale ſe décompoſe en deux actions E N, E K. Par la premiere E N, elle lutte contre le point d'appui C, qu'elle tend à faire rétrograder de la quantité EN : cette partie de ſon action ne tend point à élever la puiſſance oppoſée. Par la ſeconde E K, elle lutte contre le corps A : cette ſeule partie de ſon action diviſée tend à élever la puiſſance oppoſée. La puiſſance B, dans ſon action oblique E F, eſt donc affoiblie relativement à la puiſſance A : puiſque dans ce cas, comme dans le précédent, l'action totale qu'elle oppoſoit à la puiſſance A, quand elle agiſſoit dans une direction perpendiculaire au levier, eſt diviſée en deux portions, dont l'une ne lutte point contre la puiſſance A.

RÉSULTAT. Une puiſſance dont l'action devient oblique au levier, diviſe ſon action totale en deux portions, dont l'une fait tout ſon effort contre le point d'appui, & ne lutte point contre la puiſſance oppoſée : plus l'obliquité eſt grande, plus eſt grande la portion de la force totale, qui ſe conſume à lutter inutilement contre le point d'appui. Donc une puiſſance, dont l'action devient oblique au levier, n'oppoſe point toute ſa force à la puiſſance rivale : donc plus l'action d'une puiſſance eſt oblique au levier, plus eſt petite la partie de ſa force qu'elle oppoſe à la puiſſance contre laquelle elle combat. C. Q. F. D.

435. REMARQUE. Il eſt facile de trouver l'affoibliſſement d'une puiſſance, dont l'action perpendiculaire devient oblique. Car comme la force totale, exprimée par la diagonale EG, réſulte équivalemment de deux forces conſpirantes EH, EK; on décompoſera cette force totale en deux forces partielles, par cette ſimple regle de trois : la force totale EG, eſt à la portion de cette force qui lutte contre la puiſſance oppoſée A, comme le côté EK eſt au côté EH (351, 354.)

THÉORÊME II.

436. *Quand une même puiſſance, appliquée à un même point d'un levier, agit ſucceſſivement depuis la direction perpendiculaire juſqu'à la direction la plus oblique, ſa force ou ſon action diminue, comme les perpendiculaires menées du point d'appui ſur ſes différentes directions.* (fig. 55.)

DÉMONSTRATION. Soient deux puiſſances égales R & P, d'une livre chacune, & également éloignées du point d'appui B, dans leur direction perpendiculaire au levier. Que la direction AR de la puiſſance R, reſte toujours perpendiculaire à ſon levier BA; tandis que la puiſſance P prendra différents degrés d'obliquité ſur ſon levier BC, que nous ſuppoſerons diviſé en trois parties égales 1, 2, 3. L'expérience conſtate les faits ſuivants:

I°. Quand la puiſſance P agit dans la direction CP perpendiculaire au levier, les deux puiſſances oppoſées ſont en équilibre : leur action eſt de part & d'autre dans ſa plus grande force; & cette action eſt comme les perpendiculaires

BA, BC, menées du point d'appui ſur la direction de chaque puiſſance.

II°. Que le levier de la puiſſance P, prenne l'inflexion ABN : la direction Nn de cette puiſſance s'approchera du point d'appui, d'un tiers de ſon levier ; & il faudra augmenter d'un tiers ſon poids p, pour qu'elle faſſe équilibre avec la puiſſance oppoſée. Un poids d'une livre, dans la direction CP perpendiculaire au levier, donnoit l'équilibre : il faudra un poids d'une livre & demie, dans la direction Nn oblique au levier, pour rétablir l'équilibre. L'action de cette puiſſance, ſous l'angle aigu BNn, eſt donc diminuée d'un tiers, comme ſa diſtance au point d'appui.

III°. Que le levier de la même puiſſance P prenne l'inflexion ABM : la direction Mm de cette puiſſance s'approchera du point d'appui, des deux tiers de la longueur de ſon levier ; & il faudra augmenter de deux tiers ou de deux livres ſon poids, pour qu'elle faſſe équilibre avec la puiſſance oppoſée. L'action de cette puiſſance, ſous l'angle plus aigu BMm, eſt donc diminuée de deux tiers, comme ſa diſtance au point d'appui.

IV°. Que le levier de la même puiſſance P prenne l'inflexion ABO : la direction de cette puiſſance paſſera dans le point d'appui ; ſon action, employée toute entiere à preſſer le point d'appui, ſera totalement nulle relativement à la puiſſance oppoſée.

V°. Que le levier de la même puiſſance P prenne l'inflexion ABV ; enſorte que la direction prolongée de la puiſſance paſſe en v, à égale diſtance de B & de C : il faudra doubler la maſſe P, pour produire l'équilibre. L'action de cette puiſ-

ſance, ſous l'angle obtus B V *d*, eſt donc diminuée de moitié, comme ſa diſtance au point d'appui. C. Q. F. D.

437. COROLLAIRE I. Puiſque l'effort d'une puiſſance eſt le plus grand qu'il puiſſe être, quand elle agit dans une direction perpendiculaire au levier; il s'enſuit qu'*on peut toujours eſtimer l'action d'une puiſſance, par une perpendiculaire menée du point d'appui ſur ſa direction.* Par exemple (*fig.* 56):

I°. La puiſſance P, a ſa plus grande action dans la direction C P: ſon action ſera comme B C, qui eſt la perpendiculaire menée du point d'appui ſur ſa direction C P.

II°. Que cette puiſſance P agiſſe dans la direction oblique C F: ſon action ſera comme ſi elle agiſſoit perpendiculairement par un levier B *n*, qui eſt la perpendiculaire menée du point d'appui ſur ſa direction prolongée F C *f*.

III°. Que cette puiſſance P agiſſe enſuite dans la direction oblique C H: ſon action ſera comme ſi elle agiſſoit perpendiculairement par un levier B *m*, qui eſt la perpendiculaire même du point d'appui ſur ſa direction prolongée H C *h*.

IV°. Que cette même puiſſance P agiſſe enfin dans la direction oblique C V: ſon action ſera comme ſi elle agiſſoit perpendiculairement par un levier B *x*, qui eſt la perpendiculaire menée du point d'appui, ſur ſa direction C V. (*Math.* 407.)

438. COROLLAIRE II. *On peut eſtimer indifféremment l'action d'une puiſſance, appliquée à un même point d'un levier,*

Ou (*fig.* 56) par des perpendiculaires B *m*, B *n*, B *x*, B C, menées du point d'appui ſur les différentes directions de cette puiſſance;

Ou (*fig.* 55) par des perpendiculaires M *b* = B *m*, N *b* = B *n*, V *b* = B *v*, menées de l'extrêmité de ſon levier ſur la ligne O B X qui paſſe par le point d'appui parallelement à la direction perpendiculaire de la puiſſance au même levier.

439. REMARQUE. On peut énoncer le théorême précédent en cette maniere : *quand une même puiſſance, appliquée à un même point d'un levier, agit ſucceſſivement depuis la direction perpendiculaire juſqu'à la direction la plus oblique, ſon action ou ſon effort décroît comme les ſinus des angles que forment ſes différentes directions ſur le levier.* (fig. 57.)

EXPLICATION. La puiſſance P eſt dans ſa plus grande force, quand elle agit dans la direction C P perpendiculaire au levier. Suppoſons cette force, égale à C G, qui eſt le ſinus de l'angle droit B C G. (*Math.* 634.)

I°. Dans la direction oblique C F, ſous l'angle obtus B C F, la force totale de la puiſſance ſe décompoſe en deux forces partielles, dont l'une C N, eſt nulle contre la puiſſance oppoſée (434); & l'autre C M agit ſeule contre la puiſſance oppoſée. La ligne F N, qui eſt le ſinus de l'angle B C F, & qui eſt égale à la ligne C M, ſera donc l'expreſſion de la puiſſance P dans la direction C F. La puiſſance agiſſant en P, ſera donc à la même puiſſance agiſſant en F, comme le ſinus G C, eſt au ſinus F N.

II°. Dans la direction oblique C K, ſous l'angle aigu B C K, la force totale de la puiſſance ſe décompoſe également en deux forces partielles, dont l'une C T eſt nulle contre la puiſſance oppoſée; & l'autre C D = K T agit ſeule contre la puiſſance oppoſée. La ligne K T, qui eſt le ſinus de l'angle B C K, ſera donc l'expreſſion

de la puiſſance dans la direction CK. La puiſſance agiſſant en P, ſera donc à la puiſſance agiſſant en K, comme le ſinus GC, eſt au ſinus KT.

440. COROLLAIRE. Il réſulte delà qu'*on peut trouver, par le ſimple calcul, l'affoibliſſement d'une force dans tous ſes différents degrés d'obliquité*: puiſqu'il ne s'agit que de ſuppoſer la force perpendiculaire, égale au ſinus total; & de comparer ce ſinus total avec les ſinus des différents angles aigus ou obtus, que forme la direction de la puiſſance en devenant oblique à ſon levier. On trouvera tous ces ſinus, à la fin du volume de mathématiques qui eſt joint à cet ouvrage. Par exemple:

Que la force d'une puiſſance, dans ſa direction perpendiculaire à ſon levier, ſoit 10 de maſſe par 6 de vîteſſe ou de rayon ou de levier: ſon effort ou ſon action perpendiculaire ſera $10 \times 6 = 60$. Cette force $= 60$, ſera comme le ſinus de l'angle droit, ou comme le ſinus total 100000.

Quel ſera l'effort de cette même puiſſance, appliquée au même point du levier, dans une direction oblique au levier, ſous un angle de 40 degrés? On le trouvera aiſément par cette regle de trois: la force perpendiculaire comme 60, eſt à la force inconnue x, comme le ſinus de l'angle droit eſt au ſinus de l'angle de 40 degrés. $60 . x :: 100000 . 64279$.

Balancement des corps en équilibre.

441. EXPÉRIENCE I. Si aux deux extrêmités d'un levier coudé ABC, mobile ſur un point d'appui D, on cloue deux globes A & C, en telle ſorte qu'il y ait équilibre dans la poſition ABC:

de quelque façon qu'on incline ce levier, il reprendra, après quelques balancements, sa premiere position A B C. (*fig.* 39.)

EXPLICATION. Le centre de gravité, dans ces deux corps en équilibre, réside dans le centre des deux globes (412). C'est là que les deux puissances opposées luttent l'une contre l'autre, par les lignes AV, CV, qui mesurent leurs distances respectives à la ligne B F où se trouve le point d'appui. (438.)

I°. Si on incline le levier BA, en telle sorte que le centre de gravité A passe en *m*; le centre de gravité C passe en *n*. La puissance C, dont le levier *n* D est devenu plus grand, se trouve augmentée; tandis que la puissance A, dont le levier *m t* est devenu plus petit, se trouve affoiblie. La puissance C, portée en *n*, descend donc avec un mouvement accéléré par l'arc *n r*; & force la puissance opposée, qui se trouvoit en *m*, à remonter en *s*.

II°. La puissance A, portée en *s*, se trouve avoir un levier *s* D, plus grand que le levier *rt* de la puissance opposée: plus forte, elle descend à son tour, avec un mouvement accéléré, par l'arc *s m*; & elle force la puissance opposée à remonter vers *n*. Delà un balancement qui durera jusqu'à ce que le frottement du point d'appui & la résistance de l'air aient totalement détruit le mouvement qui a produit l'inflexion de A en *m*.

On peut rendre raison, d'après la même théorie, d'une foule de petits phénomenes, en fait d'équilibre, où l'art dispose tellement les balanciers, qu'un corps ne peut s'incliner en aucun sens, sans que les centres de gravité, qui tendent toujours vers le centre de la terre, le for-

cent à reprendre ſa ſituation verticale. Par exemple, ſi BD eſt un petit corps ſolide, terminé en pointe & appuyé ſur une ſurface unie & un peu concave; de quelque maniere & en quelque ſens qu'on incline ce corps BD, il reprendra ſa direction BD : parce qu'on ne peut l'infléchir d'aucun côté, ſans que les balanciers BA, BC, s'éloignent de leur ligne de gravitation naturelle, à laquelle ils reviennent toujours. Il faut, comme on voit, que les centres de gravité A & C ſoient placés plus bas que le point d'appui D.

442. REMARQUE. Si les deux globes A & C, au lieu d'être cloués au levier, étoient ſuſpendus par une ficelle à ce levier, comme les deux globes H & K (*fig.* 41); quelque inflexion *mn* qu'on donnât au levier ADB, les centres de gravité s'approcheroient proportionnellement de la ligne CF, & conſerveroient toujours leur même rapport de diſtance au point d'appui. Ainſi les balancements d'un fléau de balance exacte, n'ont pas toujours la même cauſe que les balancements dont on vient de parler.

443. EXPÉRIENCE II. Soit AB un fléau de balance, en équilibre & en repos dans ſa direction horiſontale. (*fig.* 48.)

Si on incline ce fléau AB en *ab*, l'équilibre ceſſe: le point *a* deſcend avec un petit mouvement accéléré en *c*; remonte du point *c* vers *a*, pour redeſcendre de la même maniere vers *c*, juſqu'à ce que la force qui occaſionne le balancement étant entiérement épuiſée par le frottement de l'axe & par la réſiſtance de l'air, le levier arrive enfin au repos dans la direction horiſontale AB.

Nous n'avons trouvé nulle part une explication générale de ce petit phénomene. Que l'on faſſe bien attention à l'explication qu'en ont donné quelques auteurs que nous reſpectons: on trouvera qu'elles ſont toutes fauſſes, du moins dans leur généralité; & que ſi elles paroiſſent rendre raiſon de ce phénomene dans une hypotheſe, ou dans une certaine conſtruction de la balance, elles ſont évidemment fauſſes dans une autre hypotheſe, ou dans une conſtruction oppoſée de la balance, où ce phénomene a également lieu. Voici notre idée, qui ſemble rendre raiſon de ce phénomene dans tous les cas poſſibles. (*fig.* 50.)

EXPLICATION. Pour ſimplifier & cette théorie & la figure dans laquelle nous allons l'examiner, faiſons évanouir les deux baſſins de la balance, & ſuppoſons leur peſanteur dans deux petits globes fixés à l'extrêmité du fléau AB. Suppoſons auſſi ces deux petits globes A & B, égaux & homogenes; leurs leviers CA & CB, droits, égaux, & parfaitement ſemblables. De quelque maniere qu'on incline le fléau AB, ce fléau fait toujours de part & d'autre, des angles égaux ſur la ligne de gravitation GH; & les deux puiſſances A & B, fixées aux deux extrêmités de ce fléau, s'approchent ou s'éloignent toujours également du point d'appui. Par exemple, dans l'inflexion *ab*, l'angle *a*CG eſt égal à l'angle *b*CH oppoſé au ſommet: la ligne *as*, & la ligne égale *bv*, meſurent la longueur du levier des deux puiſſances obliques. Les maſſes & les vîteſſes de ces deux forces *a* & *b* ſont égales: pourquoi ces deux forces, égales & oppoſées, ne reſtent-elles donc pas en équilibre & en repos, aux points

a & *b*, comme aux points A & B?

I°. Quand le fléau ou le levier AB eſt horiſontal, les forces motrices A & B ſont en équilibre: parce que leur maſſe eſt égale, & que leur tendance au mouvement eſt égale & oppoſée. Car ſi la puiſſance A, dans un tems infiniment petit, tend à ſe mouvoir par l'arc A*m*; la puiſſance oppoſée B tend auſſi, dans un tems infiniment petit, à ſe mouvoir par un arc égal B*b*. En tendant à parcourir ces deux arcs A*m*, B*b*, les deux puiſſances oppoſées A & B tendent à s'approcher également de la ligne GH, dans tous les points ſucceſſifs de leur mouvement.

II°. Quand le fléau ou le levier aura une inclinaiſon quelconque *ab* ſur la ligne horiſontale, les deux puiſſances oppoſées ne ſeront plus en équilibre: la puiſſance placée en *a*, aura plus de force que la puiſſance placée en *b*. Pour en ſaiſir la raiſon, conſidérons ſéparément l'action de chaque puiſſance, dans cette poſition *ab*. D'abord la puiſſance *a* tend, dans un tems infiniment petit, à s'approcher du centre de la terre par l'arc *a*A, qui rendroit ſon *levier toujours croiſſant* depuis *as* juſqu'à AC; tandis que la puiſſance oppoſée *b* tend, dans un tems infiniment petit, à s'approcher du centre de la terre par un arc égal *br*, qui rendroit ſon *levier toujours décroiſſant* depuis *bv* juſqu'à *rx*. Enſuite, la puiſſance *a* tend à ſe mouvoir par l'arc *a*A, où ſa direction deviendra ſans ceſſe *moins oblique* au levier; tandis que la puiſſance *b* tend à ſe mouvoir par un arc égal *br*, où ſa direction deviendroit ſans ceſſe *plus oblique* au levier. Or, ſi deux vîteſſes initiales ſont égales d'ailleurs,

celle qui tend à s'effectuer par un levier croissant & dans une direction moins oblique au levier, doit l'emporter sur celle qui tend à s'effectuer par un levier décroissant & dans une direction plus oblique. Donc une puissance en *a*, doit l'emporter sur une puissance égale en *b*: donc une puissance en *a*, doit descendre avec un mouvement accéléré jusqu'en A, & forcer la puissance égale en *b*, à s'élever avec un mouvement accéléré jusqu'en B.

La puissance qui descend de *a* en A s'arrêteroit en A, si ses leviers croissants depuis *a* jusqu'en A, où ils cessent de croître, n'avoient accéléré son mouvement. Mais en vertu de la vîtesse qu'elle a acquise, en passannt du point *a* au point A, elle descendra encore au-dessous de A, par un arc A*m*, à peu près égal à l'arc *a*A. Pendant ce mouvement *am*, la puissance opposée s'éleve en *n*, où elle se trouve avoir le même avantage sur la puissance A, que celle-ci avoit sur elle en *a*. La puissance B, portée en *n*, tendra donc à descendre par des leviers croissants & dans une direction moins oblique, de *n* en B, où sa vîtesse acquise continuera à la porter vers *b*.

Pendant que la puissance B descend de *n* en *b*, la puissance opposée remonte vers *a*, & reprend sa premiere disposition à agir par des leviers croissants & dans une direction moins oblique. La même alternative de mouvement, de *a* vers *m*, & de *m* vers *a*, aura lieu, jusqu'à ce que les deux puissances opposées aient perdu par le frottement de l'axe & par la résistance de l'air, tout le mouvement que leur a imprimé l'inflexion *ab*; & alors n'ayant plus d'avantage l'une sur

ſur l'autre dans leur primitive direction perpendiculaire au levier horiſontal AB, elles y reprendront l'équilibre & le repos.

La même théorie auroit lieu, ſi les deux maſſes A & B étoient inégales & en raiſon inverſe de leurs diſtances au point d'appui : il y auroit équilibre dans la poſition horiſontale du levier AB. Mais l'équilibre ceſſeroit dans la direction *ab* ou *mn:* parce qu'alors l'une des forces oppoſées tendroit à ſe mouvoir par des leviers croiſſants & dans une direction moins oblique à ces leviers; tandis que l'autre tendroit à ſe mouvoir par des leviers décroiſſants & dans une direction plus oblique à ces leviers.

444. REMARQUE. Après avoir expliqué pourquoi la puiſſance placée en *a*, deſcend vers *m*; il nous reſte à faire voir que la cauſe que nous aſſignons à ce phénomene, eſt la ſeule qui puiſſe l'occaſionner.

I°. La puiſſance victorieuſe, qui agit en *a* contre ſa rivale en *b*, ſe trouve un peu plus loin du centre de la terre, que la puiſſance oppoſée: loin d'être augmentée par cette poſition, ſa force eſt affoiblie d'un infiniment petit, qui ne doit être compté pour rien. (364.)

II°. La puiſſance victorieuſe qui agit en *a*, loin d'alonger ſon levier par cette poſition, le raccourcit d'une infiniment petite quantité: puiſque dans cette poſition le point d'appui ſe trouve placé dans la partie du trou plus voiſine du point *a*. Elle ne doit donc point ſon avantage, à une augmentation de longueur dans ſon levier.

III°. Le levier AB peut être conſtruit de telle façon que ſon centre de gravité ſoit au-deſſous

de l'axe ou du point d'appui ; & alors ce centre de gravité favorisera la puissance résidente en *a*, laquelle descendra avec un mouvement encore plus accéléré, à raison des deux causes qui le produisent. Mais ce centre de gravité du levier peut aussi être placé au milieu même du trou de l'axe ; & alors le balancement, qui continue à avoir lieu, ne peut avoir d'autre cause que celle que nous venons de développer.

PARAGRAPHE TROISIEME.

THÉORIE DE LA POULIE.

445. DESCRIPTION. LA *poulie* est un corps circulaire, mobile sur son centre, & dont la circonférence est creusée en *gorge*, pour recevoir une ficelle ou une chaîne à laquelle on applique d'une part la puissance, & de l'autre la résistance. La poulie se meut ordinairement dans une *chappe* GE, sur un *axe* G fixé ou à la chappe, ou à la poulie. La poulie est ou mobile ou immobile.

I°. On nomme *poulie immobile*, celle qui n'a d'autre mouvement qu'autour de son centre & sur son axe. Telle est la poulie BDC, fixée immobilement aux points EG. (*fig.* 58.)

II°. On nomme *poulie mobile*, celle qui se meut & se déplace avec le corps qu'elle soutient. Telle est la poulie SEC, qui s'éleve ou s'abaisse avec le corps R, en roulant autour de son centre G. (*fig.* 59.)

Mobile ou immobile, la poulie, ainsi que le

levier du premier genre, rend oppoſée l'action de la puiſſance P & de la réſiſtance R. La puiſſance P ne peut deſcendre, ſans que la réſiſtance R monte; & réciproquement.

REGLE UNIQUE.

446. *La poulie immobile n'augmente ni l'action de la puiſſance, ni l'action de la réſiſtance : la poulie mobile double l'action de la puiſſance.*

DÉMONSTRATION. Pour ſimplifier cette théorie, nous ſuppoſerons que les directions de la puiſſance & de la réſiſtance ſont paralleles entre elles, comme elles le ſont communément. Si l'une des deux puiſſances oppoſées eſt affoiblie par l'obliquité de ſon action, la poulie immobile ne changera point ſa force quelconque, & la poulie mobile la doublera. (*fig.* 58. 59.)

I°. Soit la *poulie immobile* BDC, fixée par ſa chappe au point E. Cette poulie eſt comme un *levier du premier genre*, où la puiſſance P & la réſiſtance R ſont également éloignées du point d'appui G, ou du point de la poulie dans lequel ſe trouve concentrée & arrêtée toute la peſanteur ou toute l'action des puiſſances oppoſées P & R. Qu'il y ait ou qu'il n'y ait point équilibre, le levier de la puiſſance P eſt toujours le rayon BG; & le levier de la réſiſtance, l'autre rayon CG: donc la puiſſance P & la réſiſtance R ſont livrées à leurs forces abſolues, ſans augmentation & ſans dimimution; puiſque leurs leviers ſont égaux.

D'ailleurs, ſi le mouvement s'effectuoit; tandis que la puiſſance P ſe mouvroit par l'arc DB, la réſiſtance R ſe mouvroit par l'arc égal CD,

& réciproquement : les vîteſſes effectuées, ou tendantes à s'effectuer, ſont donc néceſſairement égales & dans la puiſſance & dans la réſiſtance. La puiſſance & la réſiſtance n'acquierent donc aucune augmentation de force, dans leurs évolutions autour de cette machine. C. Q. F. D.

II°. Soit la *poulie mobile* SEC, ſoutenant par ſa chappe le poids R, dont la gravité ou la réſiſtance réſide dans le centre G de lapoulie. Cette poulie eſt comme un *levier du ſecond genre :* le point d'appui eſt en S ; le levier de la réſiſtance eſt le rayon GS ; le levier de la puiſſance eſt le diametre CS : donc le levier de la puiſſance devient double ; donc la force de la puiſſance devient double auſſi. Si on conçoit le point d'appui dans un autre point quelconque M, le levier de la réſiſtance ſera XM ; & le levier de la puiſſance ſera NM, double du premier.

D'ailleurs, quand la puiſſance P s'abaiſſe d'un pied, la réſiſtance R ne monte que d'un demi-pied ; & quand la réſiſtance R deſcend d'un demi-pied, la puiſſance P monte néceſſairement d'un pied : donc la puiſſance a toujours une vîteſſe double, effectuée ou tendante à s'effectuer : donc la force relative de la puiſſance eſt toujours double de ſa force abſolue. C. Q. F. D.

Poulies mouflées.

447. DÉFINITION. On nomme *poulies mouflées*, ou ſimplement *moufles*, un aſſemblage de poulies, dont les unes ſont immobiles, & les autres mobiles. (*fig.* 63.)

Les poulies A & B ſont immobiles : les poulies M & N ſont mobiles : ces quatre poulies,

aſſorties entr'elles, forment un moufle.

448. COROLLAIRE. *Quand une puiſſance agit par le moyen d'un mouſle, ſa force relative croît comme le double des poulies mobiles que renferme le mouſle.* (fig. 63.)

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que le levier de la puiſſance devient double en longueur, par le moyen de la premiere poulie mobile; encore double en longueur, par le moyen de la ſeconde poulie mobile, & ainſi de ſuite; & que d'ailleurs la puiſſance, quand le mouvement s'effectue, parcourt autant de fois le double de chemin plus que la réſiſtance, qu'il y a de poulies mobiles dans le mouſle. Dans le mouſle ABNM, il y a deux poulies mobiles M & N; & quand le mouvement a lieu entre la puiſſance P & la réſiſtance R, la vîteſſe de la puiſſance, eſt quatre fois plus grande que celle de la réſiſtance.

Il ne s'enſuit pas de là que l'on puiſſe augmenter à l'infini la force de la puiſſance, par le moyen du mouſle: parce que, quand le nombre de poulies devient trop grand, le frottement qu'elles occaſionnent, nuit plus à la puiſſance, que les nouvelles poulies ne la favoriſent.

La conſtruction des mouſles peut être différente de celle que repréſente la figure que nous avons indiquée: mais l'effet en eſt toujours le même; parce que cette machine eſt toujours compoſée en partie de poulies mobiles, dont chacune double la force de la puiſſance.



PARAGRAPHE QUATRIEME.

THÉORIE DU TOUR.

449. DESCRIPTION. LE *tour* eſt une machine compoſée d'un cylindre ſolide MN, qu'on fait rouler ſur ſon axe, par le moyen de certains leviers en croix *ab*, qui ſont comme des rayons prolongés du cylindre. (fig. 61.)

I°. Quand l'arbre ou le cylindre MN, autour duquel s'enveloppe la corde SR, ſe trouve placé horiſontalement; cette machine ſe nomme *tour* ou *treuil*.

II°. Quand ce même arbre ou rouleau AB eſt vertical & perpendiculaire à l'horiſon, cette machine ſe nomme *vindas*, ou *cabeſtan*. (fig. 62.)

En place des leviers en croix *ab*, on met quelquefois autour du cylindre, un grand tambour CD (*fig.* 60), garni de longues chevilles tranſverſales; pour faciliter l'action de la puiſſance, qui en s'appliquant ſucceſſivement à ces chevilles, fait faire autant de tours au cylindre D, qu'en fait le tambour CD. Souvent auſſi c'eſt le ſimple poids d'un homme qui, en marchant dans l'intérieur du tambour, à l'extrêmité des rayons, fait la fonction de puiſſance.

REGLE UNIQUE.

450. *Quand une puiſſance agit par le moyen du tour ou du cabeſtan; ſa force relative eſt à ſa force abſolue, comme le rayon du tambour ou le rayon prolongé du cylindre, eſt au ſimple rayon du cylindre.*

DÉMONSTRATION I. La force relative d'une puiſſance, eſt à ſa force abſolue, comme la vîteſſe de cette puiſſance, eſt à la vîteſſe de la réſiſtance. Or, quand la puiſſance fait faire une révolution entiere au tambour, ou aux rayons prolongés du cylindre; la corde qui ſoutient la réſiſtance R, ne fait qu'une révolution autour du cylindre: donc les vîteſſes de la puiſſance & de la réſiſtance ſont entre elles, comme ces circonférences, qui ſont entre elles comme leurs rayons (*Math.* 473). Donc la force relative de la puiſſance, qui eſt comme ſa vîteſſe comparée à celle de la réſiſtance, excede autant ſa force abſolue, que le rayon par lequel elle agit, excede le rayon du cylindre vers lequel ſe meut la réſiſtance. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION II. Cette regle n'eſt qu'une ſimple application de la théorie du levier, à une machine qui n'eſt elle-même qu'un levier du premier ou du ſecond genre, ſelon que la puiſſance agit ou du côté de la réſiſtance ou du côté opposé. Il ne s'agit donc que d'obſerver le méchaniſme du levier dans cette machine. (*fig.* 61.)

On peut conſidérer le cylindre M N, comme une poulie immobile d'une grande épaiſſeur, dont la chappe eſt M N. Le centre de gravité & le point d'appui eſt par-tout dans l'axe du cylindre : le levier de la réſiſtance eſt le rayon du cylindre : le levier de la puiſſance, eſt le rayon prolongé *r a* du cylindre, ou le rayon même du tambour qui enveloppe ce cylindre. Donc les forces abſolues de la puiſſance & de la réſiſtance étant ſuppoſées égales, la force relative de la puiſſance, ſera à ſa force abſolue, comme ſon levier eſt au levier de la réſiſtance. Donc la force

relative de la puiſſance, eſt à ſa force abſolue, comme le rayon du tambour ou comme le rayon prolongé du cylindre, eſt au ſimple rayon du cylindre. C. Q. F. D.

451. COROLLAIRE. *Plus le rayon du tambour ou du levier eſt grand, & le rayon du cylindre, petit; plus la force ou l'action de la puiſſance eſt grande* : de ſorte que ſi le rayon du tambour eſt 20 ou 30 fois plus grand que le rayon du cylindre, la force relative de la puiſſance devient 20 ou 30 fois plus grande que ſa force abſolue.

On ſuppoſe que la puiſſance exerce toujours ſon action, dans une direction perpendiculaire à ſon levier, ou dans une direction qui ſeroit la tangente au tambour ou au rayon prolongé qui ſert de levier à la puiſſance. Car ſi la puiſſance agit dans une direction oblique au rayon qui lui ſert de levier, ſa force relative décroît comme les ſinus des angles que forment ſes différentes directions ſur ſon levier (440). Ainſi, en ſuppoſant que la force relative de la puiſſance perpendiculaire au levier, dût devenir 30 fois plus grande que ſa force abſolue; ſi elle agit par le même levier ſous un angle dont le ſinus ne ſoit que la moitié du ſinus total, ſa force relative ne deviendra que 15 fois plus grande.

Dans toute cette théorie, on fait abſtraction du frottement, lequel lutte contre la puiſſance, & devient partie de la réſiſtance. Nous en parlerons à la fin de ce traité.

Les moulins.

452. APPLICATION I. Les moulins à café, les moulins à eau & à vent, les tourne-broches,

reviennent au méchaniſme du tour.

I°. Dans le *moulin à café* & à poivre, le rayon de la manivelle eſt le levier de la puiſſance : le rayon de la noix, hériſſée de dents, eſt le levier de la réſiſtance : la réſiſtance eſt la ſomme de tous les grains contre leſquels heurte la noix : le point d'appui, eſt l'axe de la noix.

II°. Dans les *moulins à eau*, l'impulſion de l'eau qui coule avec un mouvement accéléré, eſt la puiſſance : l'arbre horiſontal eſt le cylindre, dont l'axe renferme & le point d'appui & le centre du mouvement qu'il faut imprsmer à la réſiſtance : les meules à mouvoir, & les grains à broyer, ſont la réſiſtance. Les grandes roues qui, adhérentes au cylindre, deviennent à chaque inſtant perpendiculaires à l'impulſion de l'eau, préſentent ſans ceſſe de longs leviers à la puiſſance : les dents du cylindre, qui meuvent les roues par leſquelles les meules ſont miſes en mouvement, préſentent de moindres leviers à la réſiſtance. Le même méchaniſme qui meut les meules des moulins, imprime le mouvement aux marteaux des forges, des papeteries, des foulons; aux roues qui font agir les moulins à ſoie ; & ainſi du reſte.

III°. Dans les *moulins à vent*, l'impulſion du vent fait la fonction de puiſſance (852) : le reſte du méchaniſme général eſt à peu près le même que celui des moulins à eau.

IV°. Les *tourne-broches* ſont des treuils qui ſe meuvent ou par le moyen d'un reſſort qui ſe détend ; ou par le moyen d'un poids qui gravite à l'extrêmité du rayon horiſontal d'une roue ou d'un tambour ; ou par l'impulſion de la

vapeur du feu, laquelle fait ſur une roue compoſée de plaques obliques à l'horiſon, le même effort que fait le vent ſur des ailes de moulin à vent.

La grue.

453. APPLICATION II. La *grue* (*fig.* 60) eſt une machine deſtinée à élever de grands fardeaux à de grandes hauteurs : c'eſt un treuil conſtruit de telle façon, que toute la partie CDHPNK tourne ſur un pivot K; de ſorte que la *ſous-pente* S reſtant dans la même poſition, la partie PN ſe porte & ſe dirige comme on veut, à l'orient ou à l'occident, au nord ou au midi.

La corde, qui ſoutient le poids R, roule ſur des poulies immobiles en N & en P, à meſure qu'elle s'entortille ſpiralement autour du cylindre DH. Quand le tambour, mu par la puiſſance, fait une révolution entiere, la corde décrit une ſpire autour du cylindre; & la réſiſtance R s'éleve ou s'abaiſſe d'une quantité égale à cette ſpire. La vîteſſe de la puiſſance eſt donc à la vîteſſe de la réſiſtance, comme la circonférence du tambour eſt à la circonférence du cylindre, ou comme le rayon du tambour eſt au rayon du cylindre. La force relative de la puiſſance, eſt donc à ſa force abſolue, comme le rayon du tambour eſt au rayon du cylindre.

Les roues dentées.

454. APPLICATION III. Le méchaniſme des roues dentées revient au méchaniſme du treuil : elles ſervent à tranſmettre un mouvement croiſ-

ſant ou décroiſſant, d'un corps à l'autre ; à augmenter ou à diminuer à l'infini, la force relative de la puiſſance ou de la réſiſtance. Par exemple (*fig.* 65) :

Soit la puiſſance P, qui tend à élever la réſiſtance R, par le moyen des trois roues F, E, D : ces trois roues ſe meuvent ſur leur axe immobile, comme une poulie immobile ſe meut dans ſa chappe.

I°. Tandis que la roue F, miſe en mouvement par la puiſſance P, fera une révolution entiere ſur ſon axe ; ſon noyau denté O ne fera faire qu'une petite partie de révolution à la roue dentée E, qui engrene le noyau ou le *pignon* O.

II°. Tandis que la roue dentée E fait une révolution entiere, ſon pignon N ne fait faire qu'une petite partie de révolution à la roue dentée D, qui engrene le pignon N.

III°. Tandis que la roue dentée D fera une révolution entiere, la corde qui ſoutient la réſiſtance R, n'enveloppera qu'une fois la circonférence du petit noyau ſaillant M ; & le corps R ne ſe mouvra que d'une quantité égale à cette petite circonférence M.

Par ce méchaniſme la puiſſance P aura une vîteſſe immenſément plus grande que la réſiſtance R ; & ſa force relative ſera à ſa force abſolue, comme ſa vîteſſe eſt à la vîteſſe de la réſiſtance. Par exemple, ſuppoſons dans le pignon ſaillant O, dix fois moins de dents, que dans la roue E ; dans le pignon N, dix fois moins de dents que dans dans la roue D ; dans le noyau M, une circonférence dix fois moindre que la circonférence de la roue D : la roue F aura dix

fois plus de vîtesse que la roue E; cent fois plus de vîtesse que la roue D; mille fois plus de vîtesse que le noyau M qui éleve la résistance. Par la raison contraire, si la résistance R descendoit, la puissance F, monteroit avec une vîtesse mille fois plus grande.

IV°. Si au noyau M, on substitue une roue dentée X, qui engrene un cylindre ou un parallélepipede denté YZ; on aura une machine avec laquelle on élevera des poids immenses: c'est ce qu'on nomme un *cric*. Pour imprimer le mouvement à cette machine, on se sert d'une manivelle, qui devient un levier commode & favorable à la puissance dont il augmente l'action. On peut employer aussi une vis sans fin (*fig.* 53), & alors il faudra que la premiere roue F soit aussi dentée.

La fusée des montres.

455. APPLICATION IV. Dans les montres & dans les pendules à ressort, se présente un phénomene digne d'attention; savoir, *une force toujours décroissante, qui produit un effet toujours constant.* (fig. 64.)

I°. La puissance qui met en mouvement tout l'artifice intérieur d'une montre ou d'une pendule, c'est le *ressort*. Ce ressort AMB est une lame d'acier élastique, roulée sur elle-même dans un petit *barillet* ou *tambour*, qu'elle fait tourner en se développant par son élasticité (232), & autour duquel s'entortille spiralement la chaîne qui met en jeu tout le rouage. Mais ce ressort est dans sa plus grande force, quand il est dans sa plus grande tension; & à mesure qu'il se dé-

tend, ſa force ſe rallentit & s'affoiblit. Il devroit donc imprimer à tout le rouage, un mouvement toujours plus foible & plus lent; & rendre les heures qu'il fait marquer par les aiguilles, toujours plus longues, depuis ſa plus grande tenſion, juſqu'à ſon entier développement. La fuſée C D pare à cet inconvénient.

II°. La *fuſée* eſt une eſpece de tour en forme de cône tronqué, mobile ſur ſon axe CD: autour de ce cône ſont creuſées des ſpires, ſur leſquelles s'entortille la chaîne B: la réſiſtance de tout le rouage à mouvoir, ſe concentre & réſide dans l'axe de ce cône. Le reſſort, qui tire la chaîne & qui meut la fuſée en ſe déployant, a ſucceſſivement pour leviers, les différents rayons *d n*, DN, qui vont en croiſſant depuis C juſqu'en D. Quand le reſſort eſt dans ſa plus grande force, il tire la chaîne & il meut le rouage, par le moyen des plus petits rayons ou leviers *d n*; & quand ſa force eſt la plus petite, il tire la chaîne & meut le rouage, par le moyen des plus longs rayons ou leviers DN. L'art de l'horloger conſiſte à faire enſorte que les rayons de la fuſée augmentent dans la même proportion, que la force du reſſort diminue.

Si les rayons de la fuſée croiſſoient dans un plus grand rapport, que la force du reſſort ne diminue; le mouvement du rouage deviendroit plus grand, à meſure que le reſſort deviendroit plus foible: les révolutions horaires deviendroient trop courtes de plus en plus; & une force toujours décroiſſante produiroit un effet toujours croiſſant. Si les rayons de la fuſée croiſſoient dans un moindre rapport, que la force du reſſort ne diminue; le mouvement du rouage

iroit en ſe rallentiſſant de plus en plus; & les révolutions horaires des aiguilles deviendroient ſans ceſſe plus lentes & plus longues qu'il ne faut pour diviſer exactement le tems. Pour trouver le rapport de la force décroiſſante dans le reſſort, & des rayons croiſſants dans la fuſée, il faut néceſſairement en venir à des épreuves : parce que les reſſorts n'étant jamais réguliérement flexibles & élaſtiques dans toute leur étendue, la théorie ne peut donner aucune regle ſur cet objet.

PARAGRAPHE CINQUIEME.

THÉORIE DU PLAN INCLINÉ.

456. DESCRIPTION. LE *plan incliné* eſt un plan qui fait un angle plus ou moins aigu ſur l'horiſon. Si la ligne BC repréſente l'horiſon; & la ligne AB, une table ou un chemin; AB ſera un plan incliné : l'angle aigu ABC ſera l'angle de ſon inclinaiſon. (*fig.* 51.)

I°. Si le point B reſtant fixe, le plan AB ſe mouvoit de A vers C; l'inclinaiſon du plan diminueroit juſqu'en C, où il ne ſeroit plus plan incliné, mais plan horiſontal.

II°. Si le point B reſtant fixe, le plan AB ſe mouvoit de A vers M; l'inclinaiſon du plan augmenteroit juſqu'en M, où il ne ſeroit plus plan incliné, mais plan vertical.

III°. On nomme *longueur du plan incliné*, la ligne ou la face AB, qui coupe obliquement l'horiſon : on nomme *hauteur du plan incliné*, la ligne

ou la face AC, qui coupe perpendiculairement l'horiſon.

457. EXPÉRIENCE. Soit un globe R, poſé ſur ſur un plan incliné ABC, ſoutenu par une ficelle HD, laquelle porte ſur une poulie D.

I°. Un corps de moindre peſanteur que le corps R, fait équilibre en P; avec le corps R. Donc *le plan incliné ſupporte ou détruit une partie de la peſanteur du corps appuyé ſur lui.*

II°. Plus l'angle d'inclinaiſon ABC, eſt aigu; moins le corps ſuſpendu en P doit être peſant, pour faire équilibre avec le corps R: plus cet angle d'inclinaiſon ABC approche de l'angle droit MBC; plus le corps ſuſpendu en P doit avoir de peſanteur pour faire équilibre avec le corps R. Donc *le plan incliné ſupporte ou détruit une d'autant plus grande quantité de la peſanteur du corps qu'il ſoutient, que l'angle d'inclinaiſon* ABC *eſt plus petit; & réciproquement.*

III°. Si le corps ſuſpendu en P, fait équilibre avec le corps R, en agiſſant dans la direction HD parallele au plan AB; ce même corps ceſſe de faire équilibre avec le corps oppoſé R, par lequel il eſt entraîné, dès que la direction du trait HD ceſſe d'être parallele au plan. Donc *la puiſſance* P *eſt dans ſa plus grande force, quand la direction* HD, *ſelon laquelle elle tire le corps oppoſé, eſt parallele au plan incliné.*

IV°. Si le mobile R eſt ſoutenu ſur un plan incliné par une ficelle HD; ce mobile ſe mouvra à droite ou à gauche ſur le plan, ſoit en roulant, ſoit en gliſſant, juſqu'à ce que *le rayon d'appui* RE, *& le rayon de trait* RHD, *ſe trouvent dans un même plan mené du centre de gravité au centre de la terre, perpendiculairement à l'horiſon.*

La raiſon en eſt, que la gravité réſidente en R, tend néceſſairement à s'approcher ſans ceſſe du centre de la terre ; qu'elle peut s'en approcher, juſqu'à ce que le rayon RE, & le rayon RH ſoient dans un même plan perpendiculaire à l'horiſon.

458. COROLLAIRE I. *Le mouvement d'un corps qui deſcend le long d'un plan incliné, eſt moindre que ſi ce corps tomboit librement dans une direction per- perpendiculaire à l'horiſon :* puiſque la partie de la gravité qui eſt ſupportée ou détruite par le plan incliné, n'eſt pas employée à précipiter ce corps vers le centre de la terre. (*fig.* 51.)

Suppoſons que le plan AB, ſupporte ou détruiſe un tiers de la gravité du corps R : ce corps qui en tombant librement dans une direction perpendiculaire à l'horiſon, s'approcheroit de 15 pieds du centre de la terre dans la premiere ſeconde de ſa chûte, ne s'en approchera que de 10 pieds, en ſe mouvant dans la direction du plan incliné ; puiſque l'effet eſt toujours proportionnel à la cauſe, & que la cauſe eſt ſuppoſée moindre d'un tiers.

459. COROLLAIRE II. *Un corps qui deſcend par un plan incliné, en vertu de ſa gravité, accélere ſon mouvement ſelon la ſuite des nombres impairs.* La raiſon en eſt, que les parties ſemblables ſont entre elles comme les touts ; & que la partie de la gravité qui n'eſt point détruite par le plan, exerce & accumule ſes impulſions contre le mobile, comme toute la gravité les exerceroit & les accumuleroit contre ce même mobile.



REGLE

REGLE UNIQUE.

460. *Quand une puiſſance lutte contre un corps appuyé ſur un plan incliné, ſa force relative eſt à ſa force abſolue, comme la longueur du plan eſt à la hauteur du même plan.* (fig. 51.)

DÉMONSTRATION. La gravité, qui lutte contre la puiſſance P, réſide & fait ſon effort en R : le point d'appui eſt en E. Le levier de la puiſſance P eſt le rayon RE, qui eſt la perpendiculaire menée du point d'appui ſur la direction RD de la puiſſance (437) : le levier de la réſiſtance R eſt la ligne EF, qui eſt la perpendiculaire menée du point d'appui, ſur la direction RB de la réſiſtance. Sur quoi je raiſonne ainſi :

La force relative de la puiſſance, eſt à ſa force abſolue, comme ſon levier RE, eſt au levier EF de la réſiſtance (427). Or le levier RE de la puiſſance, eſt au levier FE de la réſiſtance, comme la longueur AB du plan incliné, eſt à ſa hauteur AC : je le démontre. Les triangles REF, & ABC, ſont ſemblables : donc comme l'hypothénuſe RE du premier, repréſente le levier & la force relative de la puiſſance P; de même l'hypothénuſe AB du ſecond, repréſente le levier & la force relative de la même puiſſance. Je démontre l'antécédent. Les triangles REF & ABC ſont ſemblables entre eux, s'ils ſont ſemblables chacun à un troiſieme triangle RBE : or les deux premiers triangles ſont ſemblables chacun à ce dernier RBE ; & je le démontre.

D'abord, le triangle REF eſt ſemblable au triangle RBE : puiſqu'ils ont chacun un angle droit, & que l'angle BRE leur eſt commun à l'un & à l'autre. (*Math.* 401.)

Enſuite, le triangle ABC, eſt auſſi ſemblable au triangle RBE. Car ces deux triangles ont chacun un angle droit ; & l'angle BAC du premier, eſt égal à l'angle RBE du ſecond : puiſque ces deux angles ſont alternes-internes entre deux paralleles RB & AC, qui ſont deux perpendiculaires, menées l'une du centre de gravité R vers le centre de la terre ; l'autre, de l'extrêmité ſupérieure du plan, ſur l'horiſon. (*Math.* 359.)

Donc puiſque la force relative de la puiſſance, eſt à ſa force abſolue, comme la ligne RE qui eſt le levier de la puiſſance, eſt à la ligne EF qui eſt le levier de la réſiſtance ; la force relative de la puiſſance ſera de même à ſa force abſolue, comme la ligne AB qui eſt la longueur du plan, eſt à la ligne AC qui eſt la hauteur du même plan : puiſque les triangles REF & ABC étant ſemblables, on a cette proportion : RE . EF : : AB . AC. (*Math.* 403.) Dans cette proportion, la premiere raiſon exprime le rapport de la puiſſance à la réſiſtance, ou le rapport de la force relative de la puiſſance à la force abſolue de la même puiſſance : donc la ſeconde raiſon, qui eſt égale à la premiere, exprime auſſi le même rapport. (*Math.* 168.) C. Q. F. D.

461. COROLLAIRE. *Quand un corps porte ſur un plan incliné, ſa gravité reſtante eſt à ſa gravité totale, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur :* puiſque ſa gravité ou peſanteur relative décroît néceſſairement, comme la force relative de la puiſſance qui le ſoutient, augmente.

Ainſi, ſi un corps, peſant 100 livres, repoſe ſur un plan incliné, dont la hauteur ſoit = 5, & la longueur = 10 ; ce corps ne lutte contre la puiſſance oppoſée, que comme s'il n'avoit

que la moitié de ſon poids ; & un poids de 50 livres en P, fera équilibre avec le poids R de 100 livres.

On ſuppoſe ici que le poids poſé en P, qui fait la fonction de puiſſance, agit dans la direction la plus favorable, dans la direction HD parallele au plan incliné. Car ſi la puiſſance P agit dans une direction oblique au plan, ſa force diminue comme le ſinus de l'angle que fait ſa direction. (439.)

462. OBJECTION. La force de la puiſſance ne peut devenir relativement plus grande, qu'autant qu'elle auroit plus de vîteſſe que la réſiſtance : or ſur un plan incliné, la puiſſance & la réſiſtance ont néceſſairement une même vîteſſe ; puiſque quand la réſiſtance R parcourt en montant, la ligne RD, la puiſſance parcourt une ligne préciſément égale : donc la force de la puiſſance ne doit point s'accroître par le moyen du plan incliné.

RÉPONSE. Quand un corps monte ou deſcend ſur un plan incliné, il a un mouvement en partie horiſontal & en partie vertical. Le mouvement horiſontal ne réſiſte en rien à la puiſſance, abſtraction faite des frottemens : le ſeul mouvement vertical eſt donc celui qu'il faut conſidérer ici relativement à la puiſſance qui lutte toute entiere contre lui. Or comparons la vîteſſe verticale du mobile R, avec la vîteſſe totale de la puiſſance P : on trouvera que la premiere eſt à la ſeconde, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur. Car, quand le mobile R parcourt avec la puiſſance l'eſpace BA, il ne s'éleve vers le zénith, que de la quantité CA.

Les roues de voiture.

463. OBSERVATION. Dans les carroſſes, dans les cabriolets, dans les charrettes, le chemin ſert de point d'appui à la peſanteur; ainſi que le plan incliné ABC ſert de point d'appui au globe R. (*fig.* 51.)

Comme dans le globe R la peſanteur réſide & agit dans le centre de gravité R; de même dans les carroſſes, dans les cabriolets, dans les charrettes, la peſanteur réſide & agit dans le centre des roues : le rayon vertical ſupporte tout le poids du fardeau, quand les roues repoſent ſur un plan horiſontal.

Dans les roues de voiture, on nomme *eſſieu* ou *axe*, la piece tranſverſale de bois ou de fer, qui terminée en cylindre paſſe par leur centre; *moyeu*, l'ouverture circulaire qui reçoit ce cylindre; *ligne de trait*, la direction ſelon laquelle agit la puiſſance qui fait mouvoir les roues. Il eſt clair que l'eſſieu peut ſe porter en avant; & qu'en ſe portant en avant, il forcera la roue à rouler ſur elle-même: chaque rayon ſera ſucceſſivement chargé du poids du fardeau. (*fig.* 67.)

Soit la roue ABCD, appuyée ſur un plan horiſontale MN. Que la ligne RP exprime & repréſente la ligne de trait. Toute la peſanteur du fardeau réſide en R, & porte ſur le rayon RA, au point d'appui A. Suppoſons en *a*, un caillou, ſur lequel porte le rayon R*a* : à meſure que la puiſſance P tire la roue, ce caillou *a* devient le point d'appui : R*a* eſt le levier de la puiſſance : *a*H eſt le levier de la réſiſtance. La gravité R ne peut paſſer de la direction RA dans la nouvelle

direction R*a*, ſans s'élever de la quantité AH. De cette théorie il réſulte évidemment, qu'abſtraction faite des frottements, *la force relative de la puiſſance* P *eſt à ſa force abſolue, comme le levier* R a *de la puiſſance, eſt au levier* a H *de la réſiſtance.*

464. REMARQUE I. Comme l'action d'une puiſſance qui agit par le moyen d'une ou de plusieurs roues, eſt ſuſceptible d'une foule de modifications différentes, il eſt à propos d'en obſerver les principales, dont l'explication fera aiſément entendre toutes les autres.

I°. Si la roue étoit parfaitement circulaire, ſi elle étoit poſée ſur un plan horiſontal parfaitement uni & ſolide, s'il n'y avoit aucun frottement de l'axe aux moyeux; la force relative de la puiſſance s'accroîtroit comme à l'infini par le moyen de cette machine : puiſque le levier de la puiſſance ſeroit au levier de la réſiſtance, comme le rayon RA, eſt à un ſeul point A.

Mais comme les roues, garnies de gros clous d'eſpace en eſpace, ſont mal arrondies; comme les chemins inégaux par eux-mêmes, le deviennent encore davantage par le poids de la voiture qui s'y enfonce; comme il y a un très-grand frottement de l'axe aux moyeux; cette augmentation de force relative dans la puiſſance, doit être très-conſidérablement diminuée. Par exemple, quand la roue, au lieu de toucher le chemin par un ſeul point A, le touche dans la longueur d'un pied *n a;* ſi le levier R*a* de la puiſſance eſt de quatre pieds, le levier *a*H de la réſiſtance ſera d'un demi-pied. La force relative de la puiſſance ne deviendra donc que huit fois plus grande que ſa force abſolue : ſur quoi il faudra encore défalquer ce que perd la puiſ-

ſance, à vaincre la réſiſtance des frottements.

II°. Pour que la puiſſance ſoit dans ſa plus grande force, il faut que ſon impulſion RP ſoit perpendiculaire au rayon RA ou R *a*, qui aboutit au point d'appui : ce qui n'a pas toujours lieu. Si la puiſſance agit dans la direction R*p*, ſon impulſion devient oblique au rayon ou levier RA; & dans ce cas, ſa force décroît comme les ſinus des angles qu'elle fait ſur ſon levier. (439.)

Quand la puiſſance agit dans la direction R*p*, ſur le levier ou rayon RA; ſon action ſe décompoſe en deux parties RD & R*r*, dont l'une R*r* eſt employée ou à preſſer la roue contre le chemin , ou à élever la roue vers le zénith : cette partie de l'action de la puiſſance ne ſert point à mouvoir la roue dans la direction de la puiſſance. On voit par là que les roues les plus favorables à la puiſſance ſont celles dont le rayon égale en hauteur, la hauteur de la ligne de trait RP.

Quand il s'agit de traîner de grands fardeaux, les grandes roues ſont préférables aux petites, & à l'aſſortiment des petites & des grandes ; pourvu que le rayon des grandes roues ne s'éleve pas au-deſſus de la ligne de trait. La raiſon en eſt, premiérement que les grandes roues s'enfoncent proportionnellement moins que les petites dans la terre , & donnent proportionnellement un moindre levier à la réſiſtance : ſecondement, que la ligne de trait eſt perpendiculaire au rayon des grandes roues, tandis qu'elle eſt oblique, & par là même dans une direction défavorable, au rayon des petites roues. Dans les carroſſes, les petites roues ſont néceſſaires pour faciliter les évolutions.

III°. Quand une roue ſe meut ſur un terrein en pente, elle réſiſte plus à la puiſſance qui monte; elle réſiſte moins à la puiſſance qui deſcend. Il eſt facile d'en ſaiſir la raiſon. (*fig.* 51.)

Quand la roue monte dans la direction RD, la gravité concentrée en R, a ſon point d'appui en E: le levier de la puiſſance eſt RE: le levier de la réſiſtance eſt EF, lequel levier devient d'autant plus grand, que la pente eſt plus rapide.

Quand la roue deſcend dans la direction RV, la puiſſance V & la réſiſtance R ceſſent d'être oppoſées: elles agiſſent dans le même ſens, l'une par le levier RE, l'autre par le levier FE. Dans ce cas, la puiſſance V, loin de tirer la roue, eſt obligée de réſiſter à la roue qui tend à avancer par la ſeule gravité du fardeau qu'elle ſupporte, de E en B. Quand la pente eſt rapide & le chemin fort ſolide, on eſt obligé d'*enrayer*, c'eſt-à-dire, d'attacher la roue, pour l'empêcher de ſe mouvoir autrement qu'en gliſſant ſur un même point E: ce qui occaſionne un frottement continuel, qui empêche le fardeau de ſe précipiter avec un mouvement accéléré ſur les chevaux qui traînent la voiture.

465. REMARQUE II. La *brouette* eſt un levier du ſecond genre, dont le point d'appui eſt rendu mobile par la roue. (*fig.* 67.)

Soit le poids à porter, en D; le levier de la puiſſance en P, ſera PR; & le levier de la réſiſtance, ſera DR: la force relative de la puiſſance ſera donc à ſa force abſolue, comme PR eſt à DR. Plus le poids à porter, ſera près du point d'appui RA; plus la force relative de la puiſſance P ſera augmentée.

PARAGRAPHE SIXIEME.

THÉORIE DE LA VIS.

466. DESCRIPTION. LA *vis* eſt un cylindre ſolide KH, ſur lequel on a creuſé une gorge qui tourne en ligne ſpirale. (*fig.* 52.)

La partie ſaillante *a* ou *d*, placée entre les différents tours de cette gorge, s'appelle le *filet* de la vis ; & la diſtance *a d*, qu'il y a d'un filet à l'autre, ſe nomme le *pas* de la vis. On pratique auſſi ce filet & cette gorge, dans une cavité cylindrique, pour en faire une vis intérieure : & quand ces deux ſortes de vis ſont tellement proportionnées que le filet de l'une peut ſe mouvoir dans la gorge de l'autre, & réciproquement ; celle qui eſt creuſe prend le nom d'*écrou*. La partie convexe & la partie concave de cette machine, ou la vis & l'écrou, portent le nom commun de *vis*.

I°. Souvent c'eſt la ſeule vis qui ſe meut dans l'écrou immobile : tels ſont les étaux des ſerruriers, où la vis, mue par le moyen d'une manivelle qui ſert de levier à la puiſſance, pouſſe une mâchoire de l'étau contre l'autre mâchoire avec une force immenſe : tels ſont les cloux à vis qui uniſſent les différentes pieces d'une platine de fuſil, & que l'on meut auſſi par le moyen de certains leviers.

II°. Souvent c'eſt le ſeul écrou qui ſe meut ſur la vis immobile ; tels ſont communément les preſſoirs pour la vendange ; telles ſont auſſi les preſſes d'imprimerie.

III°. Quelquefois auſſi la vis & l'écrou ſe

meuvent à la fois l'un contre l'autre, par l'action de deux puiſſances dont l'une fait agir l'écrou, & l'autre la vis.

IV°. On doit conſidérer les meches des vrilles & des tarrieres, comme des vis dont les ſpires décroiſſantes coupent le bois d'autant plus aiſément que ces ſpires ſont plus aiguës & plus tranchantes. Le manche de cet inſtrument ſert de levier à la puiſſance.

REGLE UNIQUE.

467. *Si on fait abſtraction du frottement, qui eſt très-grand dans cette machine, la force relative de la puiſſance, eſt à ſa force abſolue, comme la ſomme de toutes les circonférences ſpirales de la vis, & à la hauteur de la même vis.* (fig. 52.)

DÉMONSTRATION. Soit la vis HK, verticale, ou horiſontale, ou oblique à l'horiſon, appliquée à élever ou à abaiſſer ou à preſſer un corps qui ſera la réſiſtance. Il eſt évident que la réſiſtance R ne peut monter de H en K, ou deſcendre de K en H; ſans que la puiſſance appliquée en K ou en R, faſſe autant de révolutions qu'il y a de filets ou de gorges ſpirales entre H & K : donc la puiſſance aura une vîteſſe, qui ſera à la vîteſſe de la réſiſtance, comme la ſomme de toutes les circonférences ſpirales de la vis, eſt à la hauteur KH de la même vis. Or la force relative de la puiſſance eſt à ſa force abſolue, comme la vîteſſe de la puiſſance eſt à la vîteſſe de la réſiſtance : donc la force relative de la puiſſance eſt à ſa force abſolue, comme la ſomme de toutes les circonférences ſpirales de la vis intérieure ou extérieure qu'elle meut, eſt à la hauteur de la même vis. C. Q. F. D.

468. COROLLAIRE I. On peut dire auſſi que *la force relative de la puiſſance, eſt à ſa force abſolue; comme un filet ou une ſpire de la vis, eſt à un pas de la même vis :* puiſqu'un filet eſt à un pas, comme la ſomme de tous les filets eſt à la ſomme de tous les pas. (*Math.* 222.)

469. COROLLAIRE II. *Plus les révolutions ſpirales ſeront grandes, & les pas petits; plus la force relative de la puiſſance ſera augmentée :* puiſque la vîteſſe de la puiſſance devient d'autant plus grande, & la vîteſſe de la réſiſtance, d'autant plus petite; que les ſpires ſont plus longues, & les diſtances des ſpires plus courtes.

470. COROLLARE III. La manivelle KM devient un levier, qui augmente encore la force relative de la puiſſance : puiſque, tandis que la puiſſance fait une révolution entiere autour du rayon KM, la réſiſtance oppoſée ne monte ou ne deſcend que de la quantité d'un pas *a d.* Ainſi *quand la puiſſance agit par le moyen d'un levier, ſa force relative eſt à ſa force abſolue, comme une circonférence décrite par le rayon ou levier* KM, *eſt à un pas* a d *de la vis.*

471. OBJECTION. Quand le corps R monte de H en K; ce corps, à l'inſtant que la puiſſance ceſſe d'agir, devroit toujours deſcendre par ſa gravité; ce qui cependant n'a pas toujours lieu.

RÉPONSE. Quand le corps R monte de H en K, ſa peſanteur eſt ſoutenue par autant de plans inclinés, qu'il embraſſe de filets de la vis. Ces petits plans inclinés ſoutiennent ou détruiſent une très-grande partie de ſa peſanteur (457) : la partie reſtante de la peſanteur tend à faire deſcendre ce corps; mais ſouvent ſon action eſt détruite par la réſiſtance que lui oppoſe le frottement.

La vis ſans fin.

472. DESCRIPTION. La *vis ſans fin* eſt compoſée d'un cylindre ſpiral AB, dont les filets engrenent ſans fin une roue dentée D, laquelle peut avoir, ſi l'on veut, un petit cylindre ſaillant D, autour duquel s'entortille la corde qui éleve un poids R. (*fig.* 53.)

Tandis que la manivelle *mn* fait une révolution, la vis AB ne fait qu'un pas, & la roue dentée D ne ſe meut que ſelon la diſtance d'une dent à l'autre; & tandis que la roue dentée fait une révolution entiere, la corde qui ſoutient la réſiſtance, ne fait qu'une petite révolution autour du cylindre ou noyau ſaillant D. On conçoit que cette machine peut être d'un grand uſage, ſoit à cauſe de la commodité qu'elle procure, ſoit à cauſe de l'augmentation de force qu'elle donne à la puiſſance.

La vis d'Archimede.

473. DESCRIPTION. Il ne falloit rien moins que le puiſſant & fécond génie d'un Archimede, pour imaginer une machine où la gravité qui fait deſcendre les corps, ſervît à les faire monter. (*fig.* 54.)

Cette machine eſt compoſée d'un *cylindre* HB, incliné à l'horiſon, mobile ſur deux pivots ou points d'appui A E; & d'un *canal* ou tuyau BCDM*r*, qui entoure ce cylindre en lignes ſpirales.

Pour ſaiſir la théorie de cette machine, il faut faire attention que pendant que la puiſſance,

par le moyen d'un levier ou d'une manivelle, fait tourner le cylindre ſur ſes deux pivots dans la direction D *n* C; chaque point D du canal ſe trouve tantôt au zénith, tantôt au nadir, tantôt dans l'horiſon, relativement à l'axe AE du cylindre. Cela ſuppoſé,

Soit une balle, placée dans le canal en BC, quand cette extrêmité du canal eſt dans l'horiſon de l'axe du cylindre : la balle, par ſa gravité, ſe précipitera ſous l'axe du cylindre en B.

Comme le cylindre tourne ſans ceſſe dans la direction D *n* C, le point B du canal paſſe du nadir au zénith du cylindre ; & la balle, au lieu de monter avec le point B au-deſſus du cylindre, ſe précipite par ſa gravité dans la partie du canal qui eſt ſous l'axe du cylindre. Quand le point B aura fait une révolution entiere autour du cylindre, la balle ſe trouvera donc encore ſous l'axe du cylindre en D.

Tandis que le point D monte du nadir au zénith du cylindre, la balle continue à ſe précipiter par ſa gravité, ſous l'axe du cylindre ; & quand ce point D a achevé ſa révolution, la balle ſe trouve ſous l'axe du cylindre au point M : & ainſi de ſuite juſqu'au point *r*, où ſe trouve l'extrêmité ſupérieure du canal ſpiral.

Quand ce point *r*, ou cet orifice du canal ſpiral, monte du nadir au zénith du cylindre, la balle, au lieu de monter avec lui, s'échappe ſous l'axe du cylindre, où le canal ſpiral ceſſe de la retenir. Ainſi la balle monte du point B au point *r*, en vertu de ſa peſanteur qui la porte ſans ceſſe ſous l'axe du cylindre.

On conçoit aiſément que ſi l'extrêmité BC du canal ſpiral eſt plongée dans une riviere ou dans

un puits; l'eau, par sa pesanteur, se précipitera sans cesse, ainsi que la balle, sous l'axe du cylindre en B, en D, en M, en *r*, d'où elle coulera sans cesse à plein canal, pendant tout le tems que le cylindre roulera sur son axe.

PARAGRAPHE SEPTIEME.

THÉORIE DU COIN.

474 DESCRIPTION. LE *coin* est un corps dur, composé de cinq plans, dont trois sont des parallélogrammes, & deux sont des triangles. (*fig.* 68.)

Les deux parallélogrammes D*a*, F*a*, forment, en se réunissant, un angle FAD qu'on appelle la *pointe* ou le *tranchant* A*a* du coin. Le plan opposé au tranchant, savoir DBFC, se nomme la *base* ou la *tête* du coin. La distance AH, de la pointe à la tête du coin, est sa *hauteur*; & la distance FD, est sa *largeur*.

Le coin sert à écarter ou à diviser des corps durs: on l'insere, par le moyen d'une petite fente, dans le corps à diviser; & alors la puissance imprime une violente secousse à la tête du coin, dans la direction de l'axe du coin, pour forcer le coin à s'enfoncer entre les parties à diviser. L'*axe* du coin est une ligne droite, menée du milieu de son tranchant, au milieu de sa base.

475. REMARQUE I. Le maillet ou la massue qui frappe la tête du coin, toutes choses étant égales d'ailleurs, a d'autant plus de force mo-

trice, qu'il frappe par un plus grand arc. La raiſon en eſt, que la puiſſance lui imprime le mouvement par des efforts ſucceſſivement réitérés, dont la ſomme devient d'autant plus grande, que l'arc à parcourir a donné plus de tems à la puiſſance d'exercer & de répéter ſon effort. Ainſi le maillet ou la maſſue porte ſon effort contre le coin, avec une ſomme de mouvement accéléré, qui eſt l'effet & le réſultat de tous les efforts ſucceſſifs de la puiſſance qui l'a mis en jeu.

476. REMARQUE II. Le coin eſt une machine très-ſimple en elle-même, mais dont le méchaniſme eſt plus difficile à ſaiſir que celui d'aucune autre machine. La raiſon en eſt, que les autres machines préſentent à l'œil & à l'eſprit, des points d'appui fixes & décidés, auxquels on rapporte facilement les leviers déterminés de la puiſſance & de la réſiſtance; au lieu que dans le coin, l'on eſt embarraſſé, ſoit pour fixer les points d'appui confondus dans la réſiſtance, ſoit pour déterminer les leviers de la puiſſance & de la réſiſtance. Pour porter la lumiere ſur cet objet, voici quelques obſervations à faire. (*fig.* 66.)

I°. La réſiſtance qu'oppoſe un corps à diviſer, à l'écartement ou à la ſéparation de ſes parties, par exemple, la bûche MFN, vient de l'adhérence même des parties qui reſtent à diviſer. Quelles que ſoient la cauſe & la maniere de cette adhérence, on peut conſidérer les parties adhérentes MF, NF, comme un faiſceau de fibres longitudinales, naturellement liées entr'elles par une ſuite tranſverſale de petits filets *rs*, *tv*, inflexibles ou flexibles. Si ces petits filets ſont in-

flexibles, ils ne peuvent s'étendre, ſans ſe rompre ; & l'effort qui rompt le premier, rompt auſſi le ſecond. Si ces petits filets ſont flexibles, l'effort qui lutte contre le premier, lui donne une tenſion qui réſiſte à la puiſſance, & qui unit ſa réſiſtance à celle des filets ſuivants : ces filets, ainſi que toutes les cordes, réſiſtent d'autant plus, qu'ils ont plus de tenſion ſans ſe rompre ; & c'eſt par là que certains bois noueux ſont ſi difficiles à fendre.

II°. Quand le coin s'inſinue dans la bûche MFN, le coin frappé par la maſſue eſt la puiſſance : la touffe tranſverſale de filets *rs*, *tv*, eſt ou produit la réſiſtance : le point d'appui eſt à l'extrêmité B de la fente, à l'origine des filets réſiſtants. Dans cette machine, la réſiſtance n'a point de leviers : ſa force eſt une force fixe & conſtante, ſavoir, l'adhérence plus ou moins grande des parties à diviſer. Mais cette réſiſtance conſtante eſt attaquée par une puiſſance qui agit d'une maniere d'autant plus favorable, qu'elle a plus de hauteur AB, & moins de largeur CD. Pour en ſaiſir la raiſon,

Conſidérons une ſection quelconque NF, comme immobile : la ſection oppoſée MF aura tout le mouvement que doit produire la puiſſance ou le coin. Dans cette hypotheſe, la puiſſance lutte contre la réſiſtance par le levier AB ; & quand le coin s'enfonce dans la bûche de toute la quantité AB, il n'écarte les parties à diviſer, que de la quantité CD : la vîteſſe de la puiſſance eſt donc à la vîteſſe de la réſiſtance, comme AB eſt à DC.

III°. Quand l'angle d'écartement MFN ſe termine au-delà de la pointe du coin AB, la force

de la puiſſance devient plus grande : parce que ſon levier AF devient plus grand que ſon levier précédent AB. Delà la facilité avec laquelle ſe diviſent certains corps, quand la fente eſt devenue fort grande au-delà de la pointe du coin.

REGLE UNIQUE.

477. *Quand une puiſſance agit par le moyen du coin, ſa force relative eſt à ſa force abſolue, comme l'axe ou la hauteur du coin, eſt à la largeur de ſa baſe.* (fig. 66.)

DÉMONSTRATION. La force relative d'une puiſſance eſt à ſa force abſolue, comme l'eſpace qu'elle parcourt eſt à l'eſpace que parcourt la réſiſtance. Or, quand le coin, qui repréſente le mouvement de la puiſſance, s'enfonce de toute ſa hauteur AB, la réſiſtance ne s'écarte que de la largeur CD ; & quand le coin s'enfonce d'une partie quelconque *a* B de ſa hauteur, la réſiſtance ne s'écarte que d'une partie proportionnelle *c d* de ſa largeur. Donc la force relative de la puiſſance eſt à ſa force abſolue, comme la hauteur du coin eſt à ſa largeur. C. Q. F. D.

478. COROLLAIRE. *Plus le coin eſt aigu, plus eſt grande la force relative de la puiſſance :* parce que la vîteſſe de la puiſſance, ou du coin, excede d'autant plus la vîteſſe des parties qui ſe ſéparent, que le coin a plus de hauteur AB, & moins de largeur CD. (*fig.* 66.)

479. APPLICATION. L'uſage du coin n'eſt pas borné uniquement à fendre du bois ou des pierres. La ſerpe & la coignée du bûcheron, l'épée & le ſabre du militaire, la lancette & le ſcalpel du

du chirurgien, la ſcie & la tariere du menuiſier, le couteau & le raſoir qui ſont entre les mains de tout le monde, ſont tout autant d'eſpeces différentes de coins, dont la grandeur, la figure, la dureté, ſont proportionnées à la qualité des matieres ſur leſquelles ils doivent agir, & à l'action du moteur qui doit régler leurs efforts.

Parmi les inſtruments qui font la fonction de coins, il y en a qu'on fait agir en les preſſant ſimplement contre leur pointe, comme les aiguilles, les épées, les clous. Il y en a d'autres que l'on fait tourner ſur eux-mêmes, comme les meches des vrilles & des tarieres, qui agiſſent en même tems, & comme vis, & comme coins. Il y en a enfin qu'on fait agir plus favorablement, en les traînant ſur leur longueur, comme les ſcies & les raſoirs; deux inſtruments qui ne different que du plus au moins, dans leur tranchant: car les raſoirs les mieux affilés, vus au microſcope, préſentent leur tranchant ſous l'image d'une ſcie hériſſée d'inégalités.

PARAGRAPHE HUITIEME.

RÉSISTANCE DES MACHINES.

480. OBSERVATION. LES machines, dans leur état phyſique, ne produiront pas tout l'effet que nous leur attribuons, en les enviſageant dans un état métaphyſique, où rien ne s'oppoſeroit à toute l'étendue de leur action. Tandis que d'un côté les machines favoriſent la puiſſance, ſelon les différentes proportions que nous avons déterminées; d'un autre côté les mêmes machines

opposent à la puissance un obstacle qui leur est intrinseque, ou qui en est inséparable; savoir, le *frottement des corps* qui composent les machines, & la *roideur des cordes* qui saisissent les corps à mouvoir. Ces deux obstacles luttant contre la puissance, ils doivent nécessairement absorber une partie de la force relative qu'elle emprunte des machines.

Frottement des corps.

481. DÉFINITION. On nomme *frottement*, la résistance occasionnée par les inégalités de deux corps gravitants, dont l'un se meut sur l'autre. Dans toutes les machines, il y a inévitablement un frottement occasionné par la résistance du corps à mouvoir. La poulie éprouve ce frottement sur l'axe de sa chappe; le tour, sur les points d'appui où roule son cylindre; le plan incliné, sur la partie de sa surface où est appuyé le corps à mouvoir; un levier, tel que la balance, sur l'axe de son fléau; la vis & le coin, dans toute leur longueur.

On peut faire parcourir à un corps la surface d'un autre corps, en deux manieres: premiérement, en appliquant successivement les *mêmes parties* de l'un à différentes parties de l'autre, comme quand on fait glisser un livre sur une table: secondement, en faisant toucher successivement *différentes parties* d'une surface à différentes parties d'une autre surface, comme lorsqu'on fait rouler une boule sur un billard. Dans le premier cas, les inégalités des deux surfaces s'engagent & s'engrenent les unes dans les autres, & ne se séparent souvent que par leur rupture; comme on peut le remarquer par la poussiere

qui en résulte. Dans le second cas, ces mêmes parties inégales des deux surfaces, engagées les unes dans les autres, se quittent à peu près comme les dents de deux roues de montre, qui se désengrenent en roulant librement l'une sur l'autre.

Le premier frottement a lieu dans toutes les machines : le second, incomparablement moins efficace que le premier, a lieu dans les cordes qui roulent sur des poutres ou sur des cylindres. Le premier frottement, le seul qu'il importe de bien connoître, & le seul dont il sera ici question, est soumis à des loix fixes qu'il s'agit d'observer & de déterminer d'après l'expérience.

482. REGLE I. *La résistance occasionnée par le frottement, est proportionnelle, non à la surface, mais au poids du corps qui presse.* (fig. 47.)

DÉMONSTRATION. Il conste par plusieurs expériences faites avec la plus scrupuleuse attention par M. Desaguilliers, que si on pose sur un plan parallele ou oblique à l'horison, un même corps R ayant des surfaces inégales; ce corps sera tiré dans la direction du plan par une même puissance, par un même poids précis P : soit que ce corps R glisse sur le plan, par sa plus grande surface *m*; soit qu'il glisse par sa plus petite surface *n* : mais que la puissance P, qui le fait glisser & l'entraîne, doit être d'autant plus grande, que ce corps R a plus de pesanteur. Donc la résistance, née du frottement de ce corps, est proportionnelle, non à sa surface, mais à sa pesanteur.

La raison en est, que plus un corps a de pesanteur, plus ses inégalités s'enfoncent dans les inégalités du corps qui le supporte; & qu'il faut, pour le retirer de ces petits enfoncements, une

force d'autant plus grande, qu'il a lui-même plus de pesanteur ; ou une force proportionnelle à la pesanteur à vaincre. C. Q. F. D.

483. REGLE II. *La résistance occasionnée par le frottement, équivaut à peu près au tiers de la pesanteur du corps qui produit le frottement.* (fig. 47.)

DÉMONSTRATION I. Il conste par l'expérience, que si on pose sur un plan horisontal AC, parfaitement poli, un cube ou un parallélepipede R, pesant 30 livres ; il faudra un poids P d'environ 10 livres, pour l'entraîner dans la direction RC du plan horisontal.

I°. Ce corps R ne résiste point à son mouvement RC par sa pesanteur ; puisque cette pesanteur est supportée & détruite par le plan ; & qu'il est indifférent à cette pesanteur, de reposer ou sur le point A, ou sur le point R, ou sur le point C du plan par-tout également éloigné du centre de la terre.

II°. Ce corps R ne résiste point à son mouvement RC par sa simple force d'inertie : puisque si ce corps R étoit un globe de 30 livres, il faudroit beaucoup moins de 10 livres en P, pour le faire mouvoir dans la direction RC, en roulant sur sa circonférence.

III°. Le corps R, de 30 livres, ne peut être entraîné de R en C, que par une force ou un poids d'environ 10 livres ; & la résistance qu'oppose ce corps R à son mouvement horisontal RC, ne peut être attribuée qu'à son frottement : donc la résistance occasionnée par le frottement d'un corps, est égale au tiers de la pesanteur de ce corps ; ou est à ce corps, comme 1 est à 3.

DÉMONSTRATION II. Il conste encore, par

l'expérience, que si on incline peu à peu le plan horisontal sur lequel porte un cube ou un parallélepipede M; ce corps M ne se mouvra point en glissant de M en N, tant que l'angle d'inclinaison BAC sera moindre que 19 degrés 18 minutes : que quand cet angle BAC sera de 19 degrés 18 minutes, le corps M sera sur le point immédiat de son mouvement ou de sa chûte MN ; ensorte que cet angle d'inclinaison BAC ne pourra devenir plus grand, sans que le cube M descende par sa propre gravité. Sur quoi je raisonne ainsi :

Le frottement qui seul empêche le cube ou le corps M de descendre, équivaut à une puissance qui feroit équilibre avec ce cube sur un plan incliné, où il n'y auroit absolument aucun frottement : or la puissance qui fait équilibre avec un tel corps appuyé sur un plan incliné, par exemple, avec un globe qui peut rouler librement sur sa circonférence, est à ce corps, comme la hauteur BC du plan, est à la longueur BA du même plan. (461.)

Sur quoi il faut observer que la hauteur BC du plan, est le sinus de l'angle d'inclinaison BAC ; & que la longueur BA du plan est égale à SA, qui est le sinus de l'angle droit SAC, ou le sinus total : donc la résistance, née du frottement, est au corps qui occasionne ce frottement, comme le sinus de l'angle d'inclinaison est au sinus total. Mais le sinus d'un angle de 19 degrés 18 minutes est au sinus total, environ comme 1 est à 3, ainsi qu'on peut le voir dans la table des sinus : donc la résistance, née du frottement, est aussi au corps qui occasionne ce frottement, à peu près comme 1 est à 3. C. Q. F. D.

484. COROLLAIRE. Il eſt facile d'évaluer, d'après ces principes, la quantité de force que doit avoir la puiſſance pour vaincre, & la réſiſtance du poids, & la réſiſtance du frottement.

I°. *Si la réſiſtance ſeule éprouve un frottement, la force de la puiſſance doit être ſupérieure d'un tiers au poids de la réſiſtance.* Par exemple, ſi la réſiſtance eſt = 9, il faut que la puiſſance ſoit 9 + 3. Deux chevaux qui traînent une voiture doivent être en état de vaincre, outre le poids de la voiture & de tout ce qui la charge, une réſiſtance égale au tiers du poids qui gravite ſur les eſſieux. Ainſi, ſi les eſſieux ſupportent un poids de 1500 livres, ils doivent être conſidérés comme ſupportant 2000 livres ſans frottement : parce que les eſſieux eſſuient un frottement qui occaſionne une réſiſtance égale à un poids de 500 livres.

II°. *Si la réſiſtance & la puiſſance occaſionnent à la fois un frottement, la force de la puiſſance doit être ſupérieure du double au poids de la réſiſtance.* Par exemple, ſi le poids de la puiſſance eſt = 9, & le poids de la réſiſtance = 9 ; les deux poids occaſionnent un frottement = 6. Ainſi la quantité qu'il faudroit ajouter à la puiſſance, ſeroit 6. La puiſſance ſera donc déja 9 + 6 = 15.

Mais en ajoutant à la puiſſance un poids = 6, on ajoute un nouveau frottement qui équivaut à 2 : ainſi il faudra ajouter 2 de plus à la puiſſance. 9 + 6 + 2 = 17.

Mais en ajoutant 2 à la puiſſance, on occaſionne un nouveau frottement qui équivaut au tiers de ce poids : il faut donc continuer d'ajouter à la puiſſance le tiers de la quantité précé-

dente, jusqu'à ce qu'on parvienne à un poids assez petit pour qu'on puisse le négliger sans crainte d'erreur. Par conséquent, dans l'hypothese présente, $6 + 2 + \frac{2}{6} + \frac{6}{18} + \frac{18}{54}$, est la quantité qu'il faudra ajouter à la puissance 9, pour la mettre en état de vaincre, & la résistance du poids opposé, & la résistance occasionnée par la double cause de frottement.

485. APPLICATION. Pour faire mieux sentir cette théorie du frottement, il est à propos de la montrer en détail dans quelques exemples connus. (*fig.* 61.)

I°. Supposons que le poids R pese 300 livres: il occasionnera un frottement qui résistera autant que 100 livres de plus. La puissance, en agissant par les leviers *ab*, auroit donc équivalemment à vaincre une résistance R de 400 livres.

II°. Supposons que le cylindre MN pese 150 livres. Quoique la puissance ne doive pas supporter ce poids qui repose sur les points d'appui MN, elle en supportera cependant le frottement, quand elle mettra la machine en mouvement. Ce frottement du cylindre est donc encore équivalent à un poids de 50 livres de plus pour le compte de la puissance, qui aura à lutter contre une résistance égale à 450 livres.

III°. Supposons que cette machine doive être mise en mouvement par le bras d'un homme capable d'employer un effort soutenu & constant, égal à 60 livres. Si les rayons prolongés *ab*, ne sont que 6 fois plus grands que les rayons du cylindre, la force relative de cet homme, devenue 6 fois plus grande que sa force absolue, ne sera que comme 360: elle ne sera donc pas suffisante contre la résistance à vaincre, qui est

comme 450 : il faut donc augmenter encore la force de cet homme. Pour cela, rendons ses leviers *ab*, 8 fois plus grands que les rayons du cylindre : la force relative de cet homme, par le moyen de son levier toujours 8 fois plus grand que celui de la résistance, deviendra 8 fois plus grande que sa force absolue : elle sera $60 \times 8 = 480$, supérieure par là même à la résistance qui n'est que 450. Cet homme pourra donc vaincre par l'effort de son bras, & la résistance du poids, & la résistance du frottement.

IV°. Supposons que cet homme, au lieu de mouvoir la machine par l'effort de son bras, doive la mouvoir par le poids de son corps, en marchant dans un tambour ; & qu'il pese 150 livres : il occasionnera un frottement nouveau qui sera le tiers de sa pression, ou de 50 livres de plus. Il faudra donc qu'il ait des leviers, tels qu'avec son poids de 150 livres, il puisse vaincre le poids R = 300 livres, le frottement de ce poids = 100 livres, le frottement du cylindre & du tambour = 50 livres, le frottement ajouté par son propre poids = 50 livres.

486. REMARQUES. I°. La regle générale que nous avons établie sur le frottement, doit nécessairement souffrir quelques variations, à raison de la diversité qui se trouve dans la nature des corps solides, dont l'adhérence, la roideur, la compressibilité, l'élasticité, varient à l'infini. Ainsi cette loi générale, dans l'état physique des choses, ne peut & ne doit conduire qu'à des approximations qui suffisent dans la pratique, où l'on n'a pas absolument besoin de la précision mathématique.

II°. Nous devons avertir aussi que, selon les

expériences de MM. Muſchembroek & Nollet, un même corps à ſurfaces inégales, éprouve quelquefois un peu plus de réſiſtance ou de frottement, en ſe mouvant ſur ſa ſurface plus grande, qu'en ſe mouvant ſur ſa ſurface plus petite: ce qui ne s'accorde pas avec les expériences de M. Deſaguilliers, que nous avons adoptées. Mais ces auteurs avouent auſſi que le frottement relatif à la grandeur des ſurfaces, eſt incomparablement moindre que le frottement relatif à la grandeur des maſſes: ainſi on peut abſolument négliger la très-petite augmentation de frottement occaſionnée par la différence des ſurfaces, ſi cette augmentation, contredite par d'autres expériences, eſt réelle.

Poids & roideur des cordes.

487. OBSERVATION. Les cordes qui ſervent à ſoutenir & à élever les corps, réſiſtent à la puiſſance oppoſée, & par leur poids & par leur roideur. Leur *poids* doit être conſidéré comme faiſant partie ou de la réſiſtance ou de la puiſſance, ſelon qu'il favoriſe ou la premiere ou la derniere. Leur *roideur* eſt la réſiſtance qu'elles oppoſent à leur courbure; réſiſtance d'autant plus grande, que la corde a plus d'épaiſſeur & ſouffre une plus grande inflexion.

488. REGLE I. *Les poids des cordes, de même matiere & de même longueur, ſont entr'eux comme les quarrés des diametres des cordes.*

DÉMONSTRATION. Les cordes étant des eſpeces de cylindres; deux cordes de même longueur ſont entr'elles, comme deux cylindres de même hauteur: deux cylindres de même hauteur ſont entr'eux comme leurs baſes, qui ſont deux

cercles (*Math.* 619): deux cercles ſont entr'eux comme les quarrés de leurs diametres (*Math.* 500). Donc deux cordes de même longueur ſont entr'elles comme les quarrés de leurs diametres. C. Q. F. D.

489. REGLE II. Quand les cordes, qui élevent des poids, ſe courbent en lignes circulaires ou ſpirales ſur des cylindres, il conſte par les expériences de M. Amontoux, que *la réſiſtance occaſionnée par leur courbure eſt*,

I°. *En raiſon directe des poids qui les tendent :* de ſorte que ſi deux cordes d'égale épaiſſeur ſont tendues, l'une par un poids de 30 livres, l'autre par un poids de 10 livres; la réſiſtance de la premiere à ſa courbure, ſera trois fois plus grande que celle de la derniere.

II°. *En raiſon directe de leurs propres diametres :* de ſorte que ſi deux cordes, tendues par un même poids, ſe courbent ſur un même cylindre, & que le diametre de la premiere ſoit quadruple du diametre de la ſeconde; la réſiſtance de la premiere à ſa courbure, ſera quatre fois plus grande que celle de la ſeconde.

III°. *En raiſon inverſe des diametres des cylindres qu'elles embraſſent :* de ſorte que ſi deux cordes égales, tendues par des poids égaux, ſe courbent autour de deux cylindres, dont le premier ait un diametre double du ſecond; la corde qui embraſſera le premier cylindre, oppoſera à ſa courbure une réſiſtance comme 1; & la ſeconde, une réſiſtance comme 2.

490. REMARQUES. I°. M. Amontoux donne une méthode générale pour évaluer la réſiſtance occaſionnée par la roideur des cordes.

Après avoir observé qu'une corde d'une ligne de diametre, tendue par un poids d'une livre, en s'infléchissant autour d'un cylindre d'un doigt de diametre, opposoit par sa roideur une résistance égale à une demi-once, qui est la trente-deuxieme partie d'une livre; il généralise ce rapport pour l'appliquer, & à tous les cylindres, & à toutes les cordes, & à tous les cas possibles, par cette proportion: *le diametre du cylindre*, ou le nombre de doigts qu'il renferme, *est au diametre de la corde*, ou au nombre de lignes qu'il contient, *comme le poids suspendu à la corde*, ou le nombre de livres qu'il pese divisé par 32, *est à un quatrieme terme* qui exprimera le poids qui feroit équilibre avec la résistance qu'oppose la roideur de la corde.

Soit, par exemple, le diametre du cylindre autour duquel doit s'infléchir la corde, = 12 doigts; le diametre de la corde, = 3 lignes; le poids qui tend la corde, = 128 livres: on aura, $12 . 3 : \frac{128}{32} = 4 . x$. En mulipliant les deux moyens 3 & 4 l'un par l'autre, on aura pour produit 12, qui divisés par le premier terme 12, donneront 1 pour quotient. Ainsi 1 exprime une livre, qui répond à la résistance née de la roideur de la corde à infléchir; qui détermine par là même la quantité qu'il faut ajouter à la puissance, pour la mettre en état de vaincre cet obstacle.

II°. Tout le monde sait que les cordes non-métalliques, se raccourcissent en s'humectant, & s'alongent en se séchant. Quand elles s'humectent, l'interposition du liquide en écarte les filaments, qui augmentent leur diametre aux dépens de leur longueur. Quand elles se sechent, l'évaporation du liquide remet les filaments dans

leur premier état: leur longueur augmente aux dépens de leur diametre.

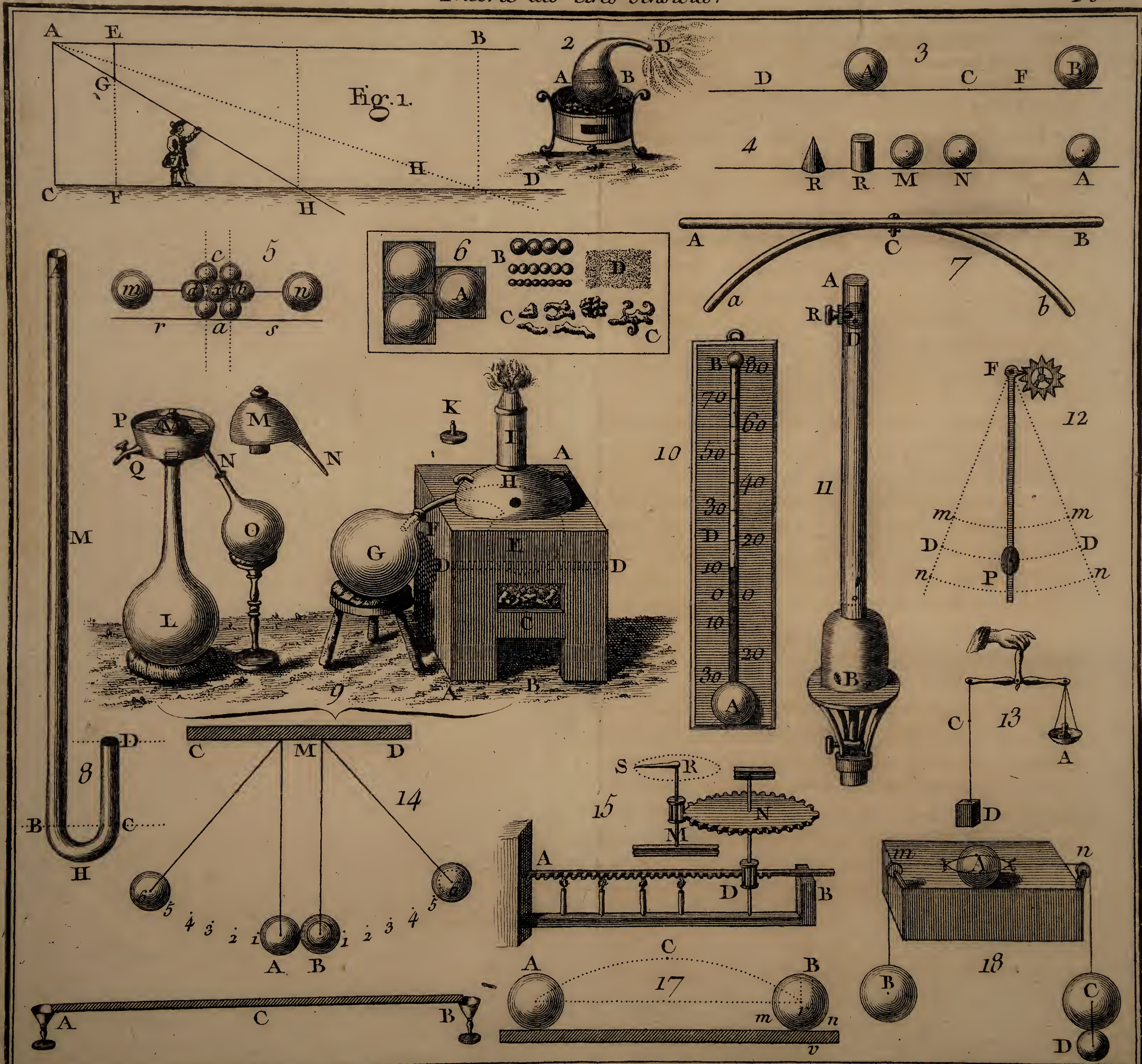
III°. Il conſte par les expériences de M. de Reaumur, que dix fils, par exemple, qui auroient chacun préciſément une force ſuffiſante pour ſoutenir un poids d'une livre, n'auroient pas une force ſuffiſante, étant tortillés enſemble & formant une même ficelle, pour ſoutenir un poids de 10 livres. Donc le tortillement qui unit les fils en une même corde, loin de les fortifier, les affoiblit.

CONCLUSION.

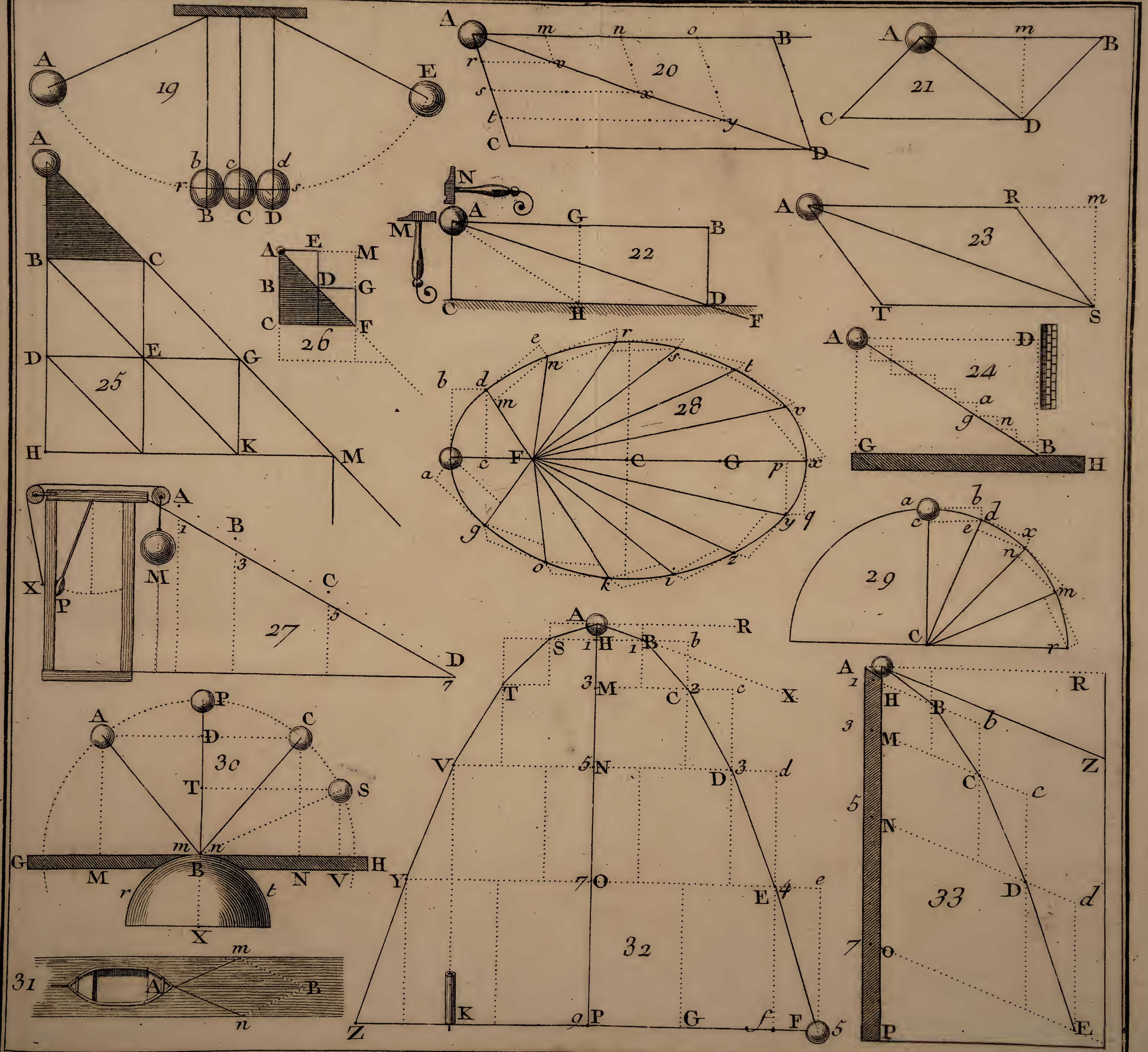
La *Matiere* & le *Mouvement*, tel eſt le double principe, le double conſtitutif, d'où réſulte uniquement l'univerſalité des êtres ſenſibles & inanimés! Après avoir conſidéré dans leur généralité ces deux principes féconds, il nous reſte à les obſerver en particulier, & à les ſuivre en détail dans les différents théatres de la nature, dans l'élément de la terre, dans l'élément de l'eau, dans l'élément de l'air, dans l'élément de la lumiere & du feu, dans les globes & dans les eſpaces céleſtes.

Le globe que nous habitons, le globe terreſtre, n'eſt qu'un point dans l'immenſité des choſes. Mais ce point mérite notre premiere & principale attention, par la foule intariſſable d'objets intéreſſants qu'il nous préſente: parce que les choſes nous intéreſſent, non en raiſon de leur grandeur abſolue, mais en raiſon de leur proximité, de leur utilité, de leur rapport avec nous.

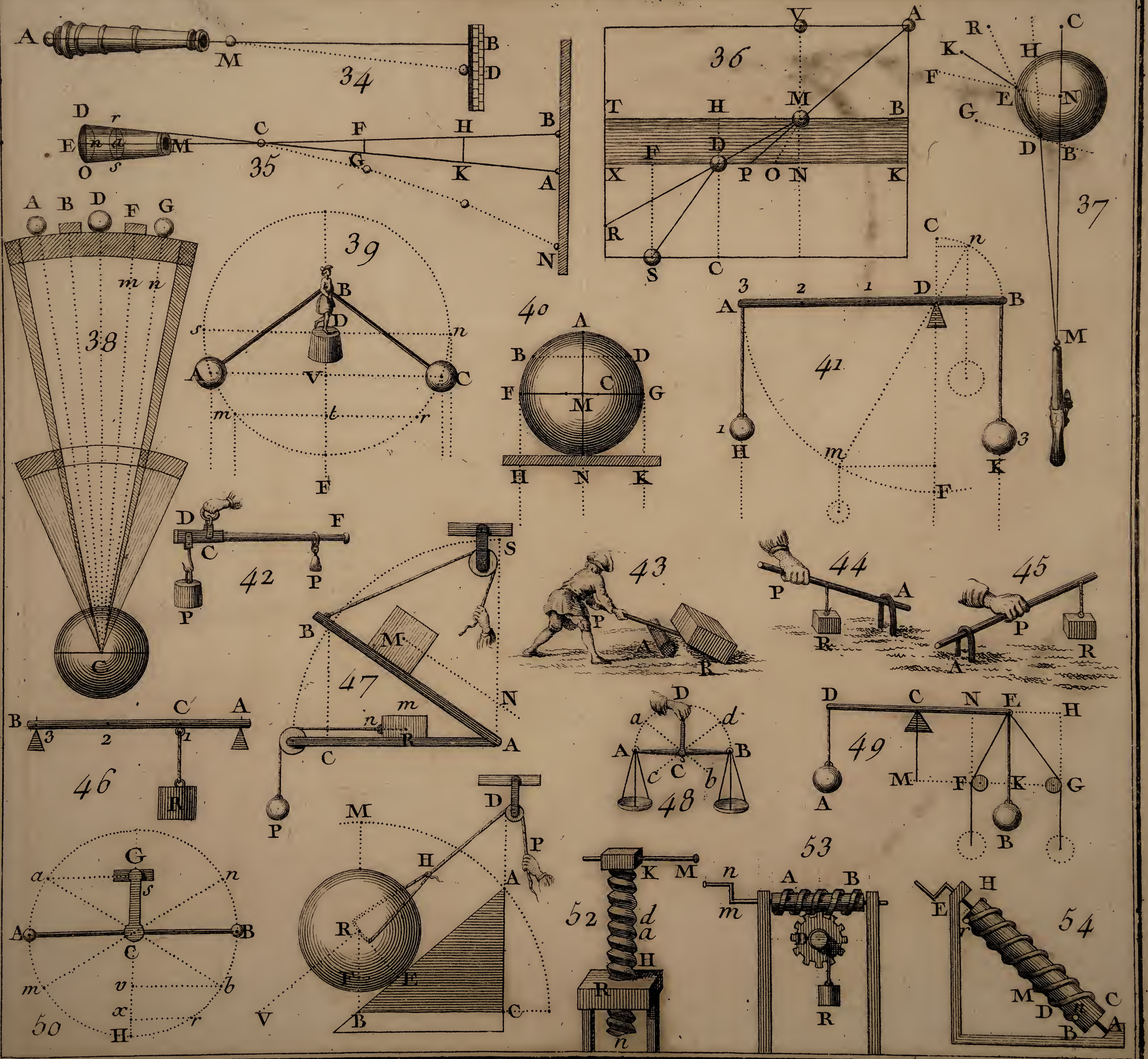
FIN DU PREMIER VOLUME.



de la Gardette Sculp.



de la Gardette Sculp.



de la Gardette Sculp. 3.

